

Элементарная ботаника

Джордж Фрэнсис Аткинсон

ELMENTARY BOTANY

by
GEORGE FRANCIS ATKINSON, Ph. B



Содержание

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОТАНИКА

ПРЕДИСЛОВИЕ.

СОДЕРЖАНИЕ.

ЧАСТЬ I. ФИЗИОЛОГИЯ.

ГЛАВА I. ПРОТОПЛАЗМА. [1]

Протоплазма в спирогире.

Протоплазма в мукоре.

Протоплазма в нителле.

ГЛАВА II. АБСОРБЦИЯ, ДИФфуЗИЯ, ОСМОС.

ГЛАВА III. КАК РАСТЕНИЯ ПОЛУЧАЮТ ВОДУ.

ГЛАВА IV. ТРАНСПИРАЦИЯ, ИЛИ ПОТЕРЯ ВОДЫ РАСТЕНИЯМИ.

ГЛАВА V. ПУТЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ.

ГЛАВА VI. МЕХАНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ.

ГЛАВА VII. ОБРАЗОВАНИЕ КРАХМАЛА И САХАРА.

1. Соответствующие газы.

2. Где образуется крахмал.

3. Хлорофилл и образование крахмала.

ГЛАВА VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О КРАХМАЛЕ И САХАРЕ. АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА.

1. Перемещение крахмала.

2. Сахар и переваривание крахмала.[9]

3. Грубый анализ растительного вещества.

ГЛАВА IX. КАК РАСТЕНИЯ ПОЛУЧАЮТ ПИТАНИЕ. I.

1. Источники питания растений.

2. Паразиты и сапрофиты.

3. Как грибы получают пищу.

4. Микориза.

5. Азотфиксаторы.

6. Лишайники.

ГЛАВА X. КАК РАСТЕНИЯ ПОЛУЧАЮТ ПИТАНИЕ. II.

Сеянцы.

Пищеварение.

ГЛАВА XI. ДЫХАНИЕ.

ГЛАВА XII. РОСТ.

ГЛАВА XIII. РАЗДРАЖИТЕЛЬНОСТЬ.

ЧАСТЬ II. МОРФОЛОГИЯ И ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ТИПОВЫХ РАСТЕНИЙ.

ГЛАВА XIV. СПИРОГИРА.

ГЛАВА XV. VAUCHERIA.

ГЛАВА XVI. ЭДОГОНИУМ.

ГЛАВА XVII. КОЛЕОХЕТЫ.

ГЛАВА XVIII. КЛАССИФИКАЦИЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ.

ГЛАВА XIX. ГРИБЫ: МУКОР И САПРОЛЕГНИЯ.

ГЛАВА XX. ПРОДОЛЖЕНИЕ ГЛАВЫ О ГРИБАХ.

ГЛАВА XXI. ВЫСШИЕ ГРИБЫ.

ГЛАВА XXII. КЛАССИФИКАЦИЯ ГРИБОВ.

ГЛАВА XXIII. ПЕЧЕНОЧНИКИ (HEPATICAÆ).

Riccia.

Marchantia.

ГЛАВА XXIV. ПРОДОЛЖЕНИЕ О ПЕЧЕНОЧНИКАХ.

Печеночники с листьями на стеблях.

Рогатые печеночники.[25]

Классификация печеночников.

ГЛАВА XXV. МХИ (MUSCI).

Классификация мхов.

ГЛАВА XXVI. ПАПОРОТНИКИ.

ГЛАВА XXVII. ПРОДОЛЖЕНИЕ О ПАПОРОТНИКАХ.

Гаметофит папоротников.

Спорофит.

ГЛАВА XXVIII. ДИМОРФИЗМ ПАПОРОТНИКОВ.

ГЛАВА XXIX. ХВОЩИ.

ГЛАВА XXX. ПЛЮЩЕВЫЕ.

ГЛАВА XXXI. ИЗОЕТЫ (ISOETES).

ГЛАВА XXXII. СРАВНЕНИЕ ПАПОРОТНИКОВ И ИХ РОДСТВЕННИКОВ.

Классификация папоротниковых растений.

ГЛАВА XXXIII. ГИМНОСПЕРМЫ.

ГЛАВА XXXIV. ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИМНОСПЕРМ.

Цикас.

Класс Gymnospermæ.

ГЛАВА XXXV. МОРФОЛОГИЯ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ: ТРИЛЛИУМ; ДЕНТАРИЯ.

Триллиум.

Дентария.

ГЛАВА XXXVI. ГАМЕТОФИТ И СПОРОФИТ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ.

ГЛАВА XXXVII. МОРФОЛОГИЯ ЯДЕРА И ЗНАЧЕНИЕ ГАМЕТОФИТА И СПОРОФИТА.

ЧАСТЬ III. ЧЛЕНЫ РАСТЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ К ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ.

ГЛАВА XXXVIII. УСТРОЙСТВО РАСТЕНИЯ.

I. Организация частей растений.[37]

II. Организация тканей растений.

ГЛАВА XXXIX. РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ СТЕБЛЕЙ. ЗИМНИЕ ПОРЫВЫ И ПОЧКИ.

I. Прямые стебли.

II. Ползучие, вьющиеся и плавающие стебли.

III. Специализированные побеги и побеги для хранения питательных веществ.[40]

IV. Годовой рост и зимняя защита побегов и почек.[41]

ГЛАВА XL. ЛИСТЬЯ.

I. Общая форма и расположение листьев.

II. Защитные изменения листьев.

III. Защитные положения.

IV. Взаимосвязь листьев со светом.

V. Узоры на листьях.

ГЛАВА XLI. КОРЕНЬ.

I. Функции корней.

II. Виды корней.

ГЛАВА XLII. ЦВЕТОЧНЫЙ ПОРЫВ.

I. Части цветка.

II. Виды цветов.

III. Расположение цветов, или способ соцветия.

ГЛАВА XLIII. ОПЫЛЕНИЕ.

ГЛАВА XLIV. ПЛОД.

I. Части плода.

II. Нераскрывающиеся плоды.

III. Раскрывающиеся плоды.

IV. Мясистые и сочные плоды.

V. Усиленные или дополнительные плоды.

VI. Плоды голосеменных растений.

VII. «Плоды» папоротников, мхов и т. д.

[ГЛАВА XLV. РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕМЯН.](#)

[ГЛАВА XLVI. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ В ОТНОШЕНИИ К ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ. \[47\]](#)

[ГЛАВА XLVII. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ.](#)

[УКАЗАТЕЛЬ.](#)

[ПОЛНАЯ ЛИЦЕНЗИЯ ПРОЕКТА ГУТЕНБЕРГА](#)

Электронная книга Проекта Гутенберга «Элементарная ботаника»

Эта электронная книга предназначена для бесплатного использования в любой точке США и большинства других стран мира практически без каких-либо ограничений. Вы можете копировать, передавать или повторно использовать ее в соответствии с условиями лицензии проекта «Гутенберг», включенной в эту электронную книгу или доступной онлайн по [адресу www.gutenberg.org](http://www.gutenberg.org). Если вы не проживаете в США, перед использованием этой электронной книги вам необходимо ознакомиться с законодательством страны, в которой вы проживаете.

Название: Элементарная ботаника

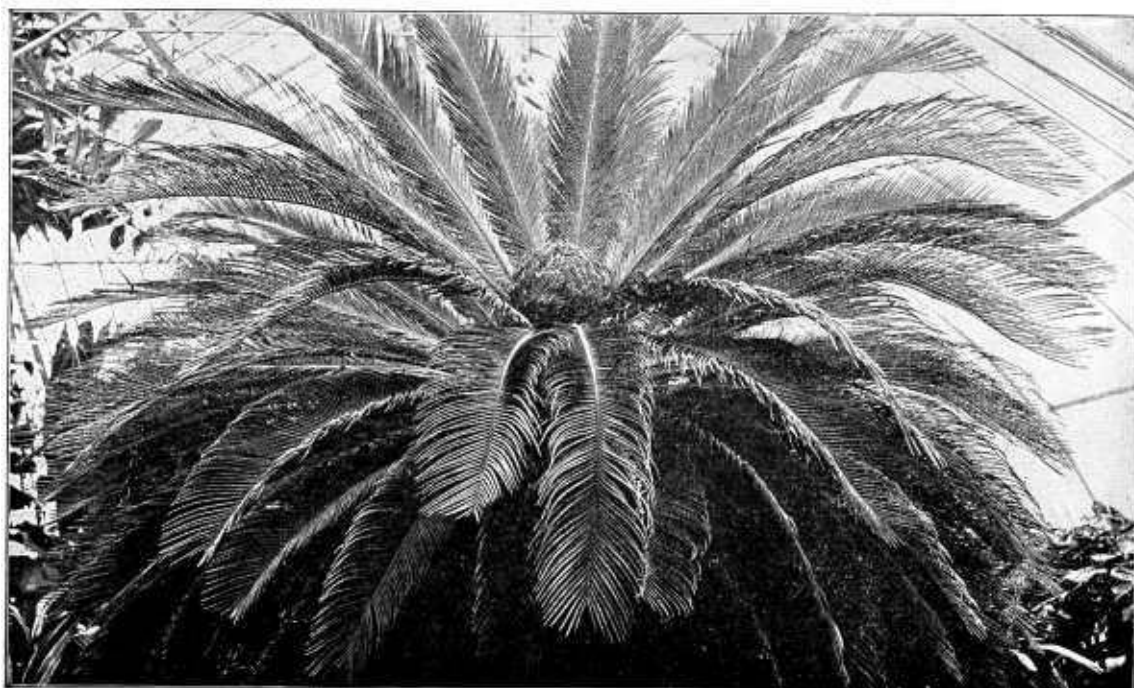
Автор: Джордж Фрэнсис Аткинсон

Дата выпуска: 20 февраля 2021 г. [электронная книга № 64601]
Последнее обновление: 18 октября 2024 г.

Язык: английский

Благодарности: Соня Шерман и команда онлайн-корректоров <https://www.pgdp.net> (Этот файл был создан на основе изображений, любезно предоставленных The Internet Archive)

*** НАЧАЛО ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ПРОЕКТА ГУТЕНБЕРГ «ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОТАНИКА» ***



CYCAS REVOLUTA ([см. стр. 311](#)).

(Фронтиспис.)

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОТАНИКА

ДЖОРДЖ ФРЭНСИС АТКИНСОН, Рн.В.

Профессор ботаники Корнельского университета

ТРЕТЬЕ ИЗДАНИЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ



НЬЮ-ЙОРК
ГЕНРИ ХОЛТ И КОМПАНИЯ
1905

Авторское право, 1898, 1905
АВТОР
ГЕНРИ ХОЛТ И КОМПАНИЯ

РОБЕРТ ДРАММОНД, ПЕЧАТНИК, НЬЮ-ЙОРК

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книга является результатом пересмотра и доработки книги автора «Элементарная ботаника», Нью-Йорк, 1898. Общий план частей, посвященных физиологии и общей морфологии, остался неизменным. Ряд глав в физиологической части практически не изменился, в то время как другие были тщательно переработаны и дополнены значительным количеством нового материала, особенно по темам питания и пищеварения. Основные главы по общей морфологии остались неизменными или были лишь незначительно изменены, причем наибольшие изменения коснулись переработки темы морфологии оплодотворения у голосеменных и покрытосеменных растений с целью приведения этой темы в соответствие с открытиями последних нескольких лет. Одним из самых значительных изменений стало добавление глав, посвященных классификации водорослей и грибов, с изучением дополнительных примеров для тех школ, где время, отведенное на курс первого года, позволяет изучать более широкий спектр представительных растений. Классификация также выполнена с большей четкостью, так что в конце каждого подцарства приводится регулярная последовательность классов, отрядов и семейств. Таким образом, все классы, все отряды (за исключением нескольких в водорослях) и многие семейства приводятся для водорослей, грибов, мхов, печеночников, папоротниковых, голосеменных и покрытосеменных растений.

Но, безусловно, самым большим улучшением стала полная реорганизация, переработка и доработка части, посвященной экологии, что стало возможным благодаря исследованиям последних нескольких лет, благодаря чему эта тема может быть представлена в более логичной и связной форме. В результате содержание книги естественным образом делится на три части, которые можно проанализировать следующим образом:

Часть I. *Физиология*. В ней рассматриваются жизненные процессы растений, такие как поглощение, транспирация, проводимость, фотосинтез, питание, ассимиляция, пищеварение, дыхание, рост и раздражительность. Поскольку протоплазма является основой всей жизнедеятельности растения, этот предмет рассматривается в первую очередь, и учащиеся проходят курс изучения и экспериментов с простыми, а также некоторыми высшими растениями, чтобы получить общее представление о протоплазме и особом способе, с помощью которого она позволяет растению выполнять свою работу и приспосабливаться к условиям своего существования. Это изучение также служит цели ознакомления учащихся с некоторыми низшими и незнакомыми растениями.

Некоторые учителя предпочитают начинать изучение с общей морфологии и классификации, изучая сначала представителей крупных групп растений, а другие предпочитают сначала остановиться на экологических аспектах растительности. Это можно сделать, используя данную книгу, начав с Части II или Части III.

Однако автор считает, что морфологию лучше всего понимать после общего изучения жизненных процессов и функций различных частей растений, включая в это изучение некоторые низшие формы растительной жизни, где некоторые из этих процессов можно наблюдать более легко. После этого ученик будет готов к более глубокому изучению общей и сравнительной морфологии и взаимосвязей. Еще более важным является первоначальное изучение физиологии перед тем, как приступить к изучению экологии. Большая ценность изучения растений в их взаимосвязи с окружающей средой заключается в способности интерпретировать различные состояния, условия, поведение и ассоциации растений, и для этого физиология незаменима. Правда, хороший учитель может добиться значительного

успеха, начав с любого из этих предметов, но автор считает, что успех будет больше, если предметы будут изучаться в том порядке, в котором они представлены здесь.

Часть II. *Морфология и жизненный цикл типичных растений*. Это включает в себя довольно тщательное изучение типичных представителей водорослей, грибов, печеночников, мхов, папоротников и их сородичей, голосеменных и покрытосеменных растений, с особым акцентом на форме частей растений и их сравнении в различных группах, с сравнительным изучением развития, размножения и оплодотворения, завершая работу изучением жизненного цикла и отмечая прогрессию и регрессию определенных органов и фаз при переходе от низших к высшим растениям. Таким образом, в водорослях проводится первое критическое исследование четырех примеров, которые ярко иллюстрируют прогрессивные стадии развития тела растения, половых органов и размножения. Затем изучаются дополнительные примеры с целью приобретения знаний об отклонениях от этих типов и для получения более широкой основы для краткого рассмотрения общих взаимосвязей и классификации.

Аналогичный план следует и в других крупных группах. Процессы оплодотворения и размножения легче всего наблюдать у низших растений, таких как водоросли и грибы, и это является дополнительным аргументом в пользу уделения особого внимания этим формам растительной жизни, а также преимуществом логического перехода от более простых к более сложным формам. Изучив некоторые из этих растений в рамках нашего курса физиологии, мы следуем еще одному признанному правилу педагогики, а именно: переходим от известных объектов к неизвестным структурам и процессам. Изучая репродуктивные органы низших растений и общую сравнительную морфологию, мы пришли к пониманию морфологии частей цветка и истинных половых органов семенных растений, и ни один студент не может надеяться правильно интерпретировать значение цветка или половых органов семенных растений, если он пренебрегает тщательным изучением общей морфологии низших растений.

Часть III. *Члены растений в связи с окружающей средой*. В этой части рассматривается организация тела растения в целом в связи с окружающей средой, организация тканей растений с обсуждением основных тканей и их описательным обзором. Это « », за которым следует полное исследование с биологической точки зрения различных членов растения, их особых функций и их особых отношений с окружающей средой. Ствол, корень, лист, цветок и т. д. тщательно исследуются, и указываются их экологические отношения. Вместе с изучением физиологии и представителей групп растений это формирует прочную основу для чистой экологии растений, или специального изучения растительности в ее взаимодействии с окружающей средой.

Исследуются факторы окружающей среды или экологические факторы, которые в целом группируются по физическим, климатическим и биотическим факторам. Затем следует анализ форм и структур растительности, растительных сообществ и сообществ. Затем по порядку кратко рассматриваются лесные сообщества, прерийные сообщества, пустынные сообщества, арктические и альпийские сообщества, водные сообщества и особые сообщества песчаных, каменистых и болотистых мест.

Благодарности. Автор выражает свою благодарность всем, кто помогал в подготовке этой работы или предыдущих изданий «Элементарной ботаники»; своим коллегам, доктору Э. Дж. Дюранду, доктору К. М. Виганду и профессору В. В. Роули из ботанического факультета, а также профессору Б. М. Даггару из Университета Миссури, профессору Дж. К. Артуру из Университета Пердью и профессору В. Ф. Ганонгу из Смит-колледжа за прочтение одной или нескольких частей текста; а также всем тем, кто предоставил иллюстрации.

Иллюстрации. Большинство иллюстраций являются новыми (или такими же, как и в предыдущих изданиях книги автора «Элементарная ботаника») и были созданы с особым упором на метод изложения, использованный в тексте. Многие фотографии были сделаны автором. Другие были предоставлены профессором Роули из Корнельского университета; г-ном Джоном Гиффордом из Нью-Джерси; профессором Б. М. Дуггаром из Университета Миссури; профессором К. Э. Бесси из Университета Небраски; доктором М. Б. Хоу из Нью-Йоркского ботанического сада; г-ном Гиффордом Пинчотом, главой Бюро лесного хозяйства; г-ном Б. Т. Галлоуэем, главой Бюро растениеводства; профессором Туми из Йельского университета; и г-ном Э. Х. Харриманом, который через д-ра Ч. Х. Мерриама из Национального музея разрешил использовать несколько своих фотографий из Аляски, защищенных авторским правом. Автор выражает благодарность следующим лицам, предоставившим рисунки: профессору Маргарет К. Фергюсон из Уэллсли-колледжа; профессору Берте Стоунман из Гугенотского колледжа, Южная Африка; г-ну Х. Хасселбрингу из Чикаго; д-ру К. Мияке, ранее работавшему в Корнеллском университете, а ныне — в Досиша-колледже, Япония; а также профессорам Икено и Хирасе из Императорского университета Токио. Автор также выражает благодарность компании Ginn & Co., Бостон, за предоставленную возможность использовать из его работы «Первые исследования растительной жизни» следующие рисунки: 28, 29, 46, 48, 49, 56, 62, 66, 67, 87, 102, 103, 422-426, 429, 430, 438-440, 443, 444, 448, 449, 452, 472-475. Некоторые другие указаны в тексте.

КОРНЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, апрель 1905 г.

СОДЕРЖАНИЕ.

ЧАСТЬ I. ФИЗИОЛОГИЯ.

ГЛАВА I.

	СТРАНИЦА
ПРОТОПЛАЗМА.	<u>1</u>

ГЛАВА II.

АБСОРБЦИЯ, ДИФфуЗИЯ, ОСМОС.	<u>13</u>
-----------------------------	---------------------------

ГЛАВА III.

КАК РАСТЕНИЯ ПОЛУЧАЮТ ВОДУ.	<u>22</u>
-----------------------------	---------------------------

ГЛАВА IV.

ТРАНСПИРАЦИЯ, ИЛИ ПОТЕРЯ ВОДЫ РАСТЕНИЯМИ.	<u>35</u>
---	---------------------------

ГЛАВА V.

ПУТЬ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ.	<u>48</u>
---------------------------------	---------------------------

ГЛАВА VI.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ.	<u>56</u>
----------------------------------	---------------------------

ГЛАВА VII.

ОБРАЗОВАНИЕ КРАХМАЛА И САХАРА.	<u>60</u>
1. Соответствующие газы.	<u>60</u>
2. Где образуется крахмал.	<u>64</u>
3. Хлорофилл и образование крахмала.	<u>67</u>

ГЛАВА VIII.

КРАХМАЛ И САХАР. ЗАКЛЮЧЕНИЕ; АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ.	73
---	--------------------

1. Перемещение крахмала.	73
2. Сахар и переваривание крахмала.	75
3. Грубый анализ растительного вещества.	79

ГЛАВА IX.

КАК РАСТЕНИЯ ПОЛУЧАЮТ ПИЩУ, I.	81
--------------------------------	--------------------

1. Источники питания растений.	81
2. Паразиты и сапрофиты.	83
3. Как грибы добывают пищу.	86
4. Микориза.	91
5. Азотфиксаторы.	92
6. Лишайники.	93

ГЛАВА X.

КАК РАСТЕНИЯ ДОБЫВАЮТ ПИЩУ, II.	97
---------------------------------	--------------------

Сеянцы,	97
Пищеварение,	107
Ассимиляция	109

ГЛАВА XI.

ДЫХАНИЕ.	110
----------	---------------------

ГЛАВА XII.

Рост.	118
-------	---------------------

ГЛАВА XIII.

РАЗДРАЖИТЕЛЬНОСТЬ.

[125](#)

ЧАСТЬ II. МОРФОЛОГИЯ И ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ТИПИЧНЫХ РАСТЕНИЙ.

ГЛАВА XIV.

СПИРОГИРА.

[136](#)

ГЛАВА XV.

БАУЧЕРИЯ.

[142](#)

ГЛАВА XVI.

ЭДОГОНИУМ.

[147](#)

ГЛАВА XVII.

КОЛЕОХЕТ.

[153](#)

ГЛАВА XVIII.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВОДОРОСЛЕЙ.

[158](#)

ГЛАВА XIX.

ГРИБЫ: MUCOR И SAPROLEGNIA.

177

ГЛАВА XX.

ПРОДОЛЖЕНИЕ РАЗДЕЛА «ГРИБЫ» («Ржавчины»
Uredineæ).

[187](#)

ГЛАВА XXI.

ВЫСШИЕ ГРИБЫ.	195
---------------	---------------------

ГЛАВА XXII.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГРИБОВ.	213
-----------------------	---------------------

ГЛАВА XXIII.

ПЕЧЕНОЧНИКИ (Hepaticæ).	222
Riccia,	222
Marchantia.	226

ГЛАВА XXIV.

ПРОДОЛЖЕНИЕ РАЗДЕЛА «ПЕЧЕНОЧНИКИ».	231
Спорогоний марлангии.	231
Печеночники с листьями на стеблях.	236
Рогатые печеночники.	240
Классификация печеночников.	242

ГЛАВА XXV.

Мхи (Musci).	243
Классификация мхов.	248

ГЛАВА XXVI.

ПАПОРОТНИКИ.	251
--------------	---------------------

ГЛАВА XXVII.

ПРОДОЛЖЕНИЕ.	262
--------------	---------------------

Гаметофит папоротников.	262
Спорофит.	268

ГЛАВА XXVIII.

ДИМОРФИЗМ ПАПОРОТНИКОВ.	273
-------------------------	---------------------

ГЛАВА XXIX.

ХВОЩИ.	280
--------	---------------------

ГЛАВА XXX.

ПЛАУНЫ.	284
---------	---------------------

ГЛАВА XXXI.

ИЗОЭТЫ (Isoetes).	289
-------------------	-----

ГЛАВА XXXII.

СРАВНЕНИЕ ПАПОРОТНИКОВ И ИХ РОДСТВЕННИКОВ.	292
--	---------------------

Классификация папоротниковых растений.	295
--	---------------------

ГЛАВА XXXIII.

ГИМНОСПОРЫ.	297
-------------	---------------------

ГЛАВА XXXIV.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ.	311
--	---------------------

ГЛАВА XXXV.

МОРФОЛОГИЯ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ: ТРИЛЛИУМ; ДЕНТАРИЯ.	318
---	---------------------

ГЛАВА XXXVI.

ГАМЕТОФИТ И СПОРОФИТ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ.

[325](#)

ГЛАВА XXXVII.

МОРФОЛОГИЯ ЯДРА И ЗНАЧЕНИЕ

ГАМЕТОФИТА И СПОРОФИТА.

[340](#)

ЧАСТЬ III. РАСТЕНИЯ В ОТНОШЕНИИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.

ГЛАВА XXXVIII.

СТРОЕНИЕ РАСТЕНИЙ.

[349](#)

I. Организация членов завода.

[349](#)

II. Организация тканей растений.

[356](#)

ГЛАВА XXXIX.

РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ СТЕБЛЕЙ.

[365](#)

I. Прямые стебли.

[365](#)

II. Скребущие, вьющиеся и плавающие стебли.

[369](#)

III. Специализированные побеги и побеги для хранения
пищи.

[372](#)

IV. Годовой рост и зимняя защита побегов и почек.

[374](#)

ГЛАВА XL.

ЛИСТВА.

[383](#)

I. Общая форма и расположение листьев.

[383](#)

II. Защитные модификации листьев.

[392](#)

III. Защитные позиции.	395
IV. Взаимосвязь листьев и света.	397
V. Узоры листьев.	404

ГЛАВА XLI.

КОРЕНЬ.	410
I. Функция корней.	410
II. Виды корней.	415

ГЛАВА XLII.

ЦВЕТОЧНЫЙ ПОБЕГ.	419
I. Части цветка.	419
II. Виды цветов.	421
III. Расположение цветов или способ соцветия.	426

ГЛАВА XLIII.

ОПЫЛЕНИЕ.	433
-----------	---------------------

ГЛАВА XLIV.

ПЛОД.	450
I. Части плода.	450
II. Нераскрывающиеся плоды.	451
III. Раскрывающиеся плоды.	452
IV. Мясистые и сочные плоды.	454
V. Усиленные или дополнительные плоды.	455
VI. Плоды голосеменных растений.	456
VII. «Плоды» папоротников, мхов и т. д.	457

ГЛАВА XLV.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕМЯН.

[458](#)

ГЛАВА XLVI.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ В СВЯЗИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.

[464](#)

ГЛАВА XLVII.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ.

[487](#)

УКАЗАТЕЛЬ.

[503](#)

ЧАСТЬ I. ФИЗИОЛОГИЯ.

ГЛАВА I. ПРОТОПЛАЗМА.^[1]

1. При изучении жизни и роста растений удобно сначала разобраться в природе вещества, которое мы называем живым материалом растений. Ведь рост растений, как и некоторые другие процессы их жизни, в конечном счете зависят от этого живого вещества. Это живое вещество в общем называется *протоплазмой*.

2. В большинстве случаев протоплазма не видна без микроскопа, и нам необходимо будет воспользоваться им, если мы хотим увидеть протоплазму и убедиться, что вещество, с которым мы имеем дело, является именно протоплазмой.

3. Нам будет удобнее сначала исследовать протоплазму в некоторых более простых растениях; растениях, которые благодаря своим крошечным размерам и простой структуре настолько прозрачны, что при исследовании под микроскопом можно увидеть их внутреннюю часть.

Для нашего первого исследования возьмем растение, известное как *спирогира*, хотя есть и ряд других, которые вполне подойдут для этой цели и которые можно легко достать для изучения.

Протоплазма в спирогире.

4. **Растение спирогира.** Это растение встречается в воде прудов, канав, водоемов или в медленно текущих водотоках. Оно имеет зеленый цвет и встречается в виде рыхлых ковров, обычно плавающих у поверхности. Иногда это растение, а также другие, более или менее близкородственные ему, называют «водяной плесенью». Оно является *водорослью* и принадлежит к группе растений, известных как *альги*. Если мы поднимем его часть из воды, то увидим, что коврик состоит из большого клубка зеленых шелковистых нитей. Каждая из этих нитей является растением, поэтому количество растений, содержащихся в одном из этих плавающих ковриков, очень велико.

Давайте поместим немного этого клубка нитей на стеклянную пластинку и рассмотрим под микроскопом, и мы увидим некоторые особенности растения, которые позволяют нам отличить его от других мелких зеленых водных растений. Мы также хотим узнать, что это за особенные части растения, чтобы продемонстрировать протоплазму в растении.^[2]

5. **Хлорофилловые полосы в спирогире.** — Сначала мы наблюдаем наличие полос зеленого цвета, края которых обычно очень неровные. Эти полосы проходят по спирали близ поверхности нити. В зависимости от вида, который мы выберем для изучения, может быть одна или несколько таких спиралей. Это зеленое красящее вещество полосы — *хлорофилл*, и это вещество, которое также встречается в высших зеленых растениях, будет рассмотрено в следующей главе. На довольно регулярных интервалах в полосе хлорофилла находятся мелкие зерна крахмала, сгруппированные в округлую массу, окружающую крошечное тело, *пиреноид*, который свойственен многим водорослям.



Рис. 1.

Нить спирогиры, на которой видны длинные клетки, полоса хлорофилла, ядро, нити протоплазмы и зернистый слой протоплазмы.

6. Нить спирогиры состоит из цилиндрических клеток, соединенных между собой.

Еще одна вещь, которая привлекает наше внимание при изучении нити спирогиры под микроскопом, — это то, что нить состоит из цилиндрических сегментов или отсеков, соединенных между собой. Мы можем видеть четкую разделительную линию между концами. Каждый из этих сегментов или отсеков нити представляет собой *клетку*, а границная стенка имеет форму цилиндра с закрытыми концами.

7. Протоплазма. Различив эти части растения, мы можем искать протоплазму. Она находится внутри клеток. Она бесцветна (т. е. гиалиновая) и, следовательно, требует тщательного наблюдения. Ближе к центру клетки можно увидеть довольно плотное зернистое тело эллиптической или нерегулярной формы, с длинным диаметром, поперечным по отношению к оси клетки у некоторых видов, или треугольной или квадратной формы у других. Это *ядро*. Вокруг ядра находится зернистый слой, из которого лучами, как звезда, расходятся тонкие нити блестящего зернистого вещества, заканчивающиеся в хлорофилловой полосе на одном из пиреноидов. Зернистый слой того же вещества выстилает внутреннюю часть клеточной стенки и может быть виден через микроскоп при правильной фокусировке. Это зернистое вещество в клетке и есть *протоплазма*.

8. Клеточный сок в спирогире. Большая часть внутреннего пространства клетки, расположенная между лучистыми нитями протоплазмы, заполнена водянистой жидкостью, «клеточным соком».

9. Реакция протоплазмы на определенные реагенты. — Мы можем использовать определенные тесты, чтобы доказать, что это зернистое вещество, которое мы видели,

является протоплазмой, поскольку в ходе многократных экспериментов с большим количеством видов растений было обнаружено, что протоплазма дает определенную реакцию в ответ на воздействие определенных веществ, называемых реагентами. Давайте поместим несколько нитей спирогиры в каплю раствора йода и посмотрим на результаты с помощью микроскопа. Йод придает протоплазму желтовато-коричневый цвет, и его можно увидеть более отчетливо. Ядро также становится гораздо более заметным, поскольку оно окрашивается в темный цвет, и мы можем разглядеть внутри ядра одно маленькое округлое тельце, а иногда и несколько, — *ядрышко*. Йод здесь убивает и окрашивает протоплазму. Однако протоплазма в живом состоянии некоторое время сопротивляется другим реагентам, как мы увидим, если попробуем окрасить ее 1% водным раствором красителя, известного как *эозин*. Давайте поместим несколько живых нитей в такой раствор эозина, а через некоторое время смоем краску. Протоплазма останется неокрашенной. Теперь поместим эти нити на короткое время, на две-три минуты, в крепкий спирт, который убивает протоплазму. Затем поместим их в раствор эозина. Теперь протоплазма окрашивается эозином. После того, как протоплазма была убита, мы замечаем, что ядро больше не имеет эллиптической или угловатой формы, а становится округлым. Нити протоплазмы больше не находятся в напряжении, как это было, когда они были живыми.

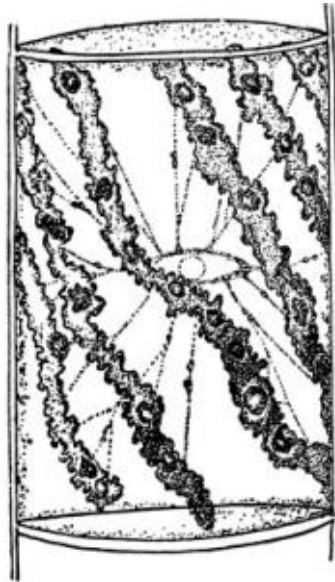


Рис. 2.

Клетка спирогиры до обработки йодом.

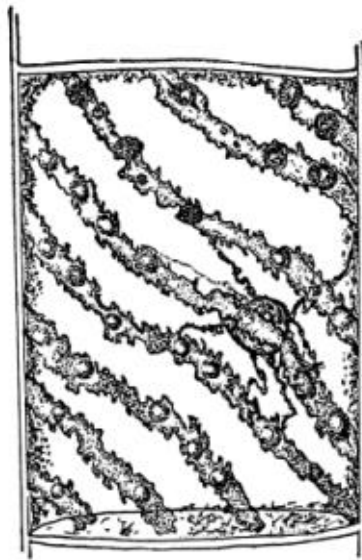


Рис. 3.

Клетка спирогиры после обработки спиртом и йодом.

10. Теперь возьмем несколько свежих живых нитей и поместим их в воду. Нанесите небольшую каплю разбавленного глицерина на одну сторону покровного стекла, а с другой стороны с помощью кусочка фильтровальной бумаги удалите воду. Глицерин стечет под покровное стекло и соприкоснется с нитями спирогиры. Глицерин быстро впитывает воду. При контакте с нитями он вытягивает воду из полости клетки спирогиры (), в результате чего слой протоплазмы, выстилающий внутреннюю часть клеточной стенки, разрушается и отделяется от стенки, притягивая к себе хлорофилловую полосу. Теперь слой протоплазмы на стенке можно увидеть более отчетливо и наблюдать его зернистую структуру.

Таким образом, мы провели три теста, чтобы продемонстрировать, что вещество, с которым мы имеем дело, проявляет реакции, которые, как мы знаем по опыту, характерны для протоплазмы. Поэтому мы приходим к выводу, что это бесцветное и частично зернистое слизистое вещество в клетке спирогиры является протоплазмой, и что, проведя эти эксперименты и тщательно зафиксировав результаты, мы *увидели* протоплазму.



Рис. 4.

Клетка спирогиры до обработки глицерином.

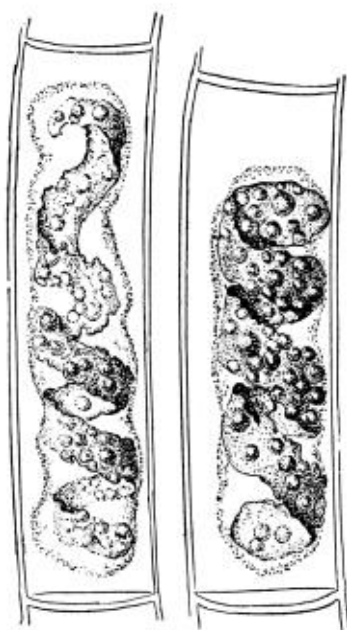


Рис. 5.

Клетки спирогиры после обработки глицерином.

11. Раннее использование термина «протоплазма». — Первые исследователи живой материи в клетке считали, что она одинакова по своему составу, но различается по плотности; поэтому термин «протоплазма» применялся ко всей этой живой материи. Ядро рассматривалось просто как более плотная часть протоплазмы, а ядрышко — как еще более плотная часть. Сейчас считается, что ядро является отдельным веществом и постоянным органом клетки. Остальная часть протоплазмы теперь обычно называется *цитоплазмой*.

В спирогире цитоплазма в каждой клетке состоит из слоя, выстилающего внутреннюю часть клеточной стенки, ядерного слоя, окружающего ядро, и радиальных нитей, соединяющих ядро и слои стенки, благодаря чему ядро находится в подвешенном состоянии около центра клетки. Однако в этом элементарном исследовании лучше всего использовать термин «протоплазма» в его общем значении.

Протоплазма в мукоре.

12. Давайте теперь рассмотрим аналогичным образом другое простое растение с особой целью продемонстрировать протоплазму. Для этой цели мы можем взять одно из растений, принадлежащих к группе *грибов*. Эти растения не содержат хлорофилла. Один из нескольких видов *мукора*, распространенной плесени, легко доступен и очень подходит для этого исследования.^[3]

13. Мицелий мукора. Через несколько дней после посева в желеобразную питательную среду мы обнаруживаем тонкие гиалиновые нити, которые сильно разветвлены и, расходясь от центральной точки, образуют круглые колонии, если растение не было посеяно слишком густо, как показано на [рис. 6](#). Эти нити гриба образуют *мицелий*. По этим признакам растения, которые мы можем легко увидеть без помощи микроскопа, мы замечаем, насколько оно отличается от спирогиры.

Чтобы исследовать протоплазму, давайте осторожно поднимем тонкий блок желатина, содержащий нити мукора, и поместим его в воду на стеклянной пластине. Под микроскопом мы видим только небольшую часть разветвленных нитей (). В дополнение к отсутствию хлорофилла, которое мы уже отметили, мы видим, что мицелий не разделен на клетки с короткими интервалами, а выглядит как тонкая трубка с ветвями, которые постепенно уменьшаются к концам.

14. Внешний вид протоплазмы.—Внутри трубчатой нити теперь обратите внимание на протоплазму. Она имеет тот же общий вид, что и у спирогиры. Она слизистая или полужидкая, частично гиалиновая, частично зернистая, зерна состоят из мелких частиц (*микросом*). Хотя у мукора протоплазма имеет тот же общий вид, что и у спирогиры, ее расположение очень отличается. Во-первых, он явно непрерывен по всей длине трубки. Мы не видим заметных лучей вокруг большого ядра, но протоплазма все же не заполняет внутреннюю часть нитей. Здесь и там имеются округлые прозрачные пространства, называемые *вакуолями*, которые заполнены водянистой жидкостью, клеточным соком. Ядра в мукоре очень мелкие и их можно увидеть только после тщательной обработки специальными реагентами.

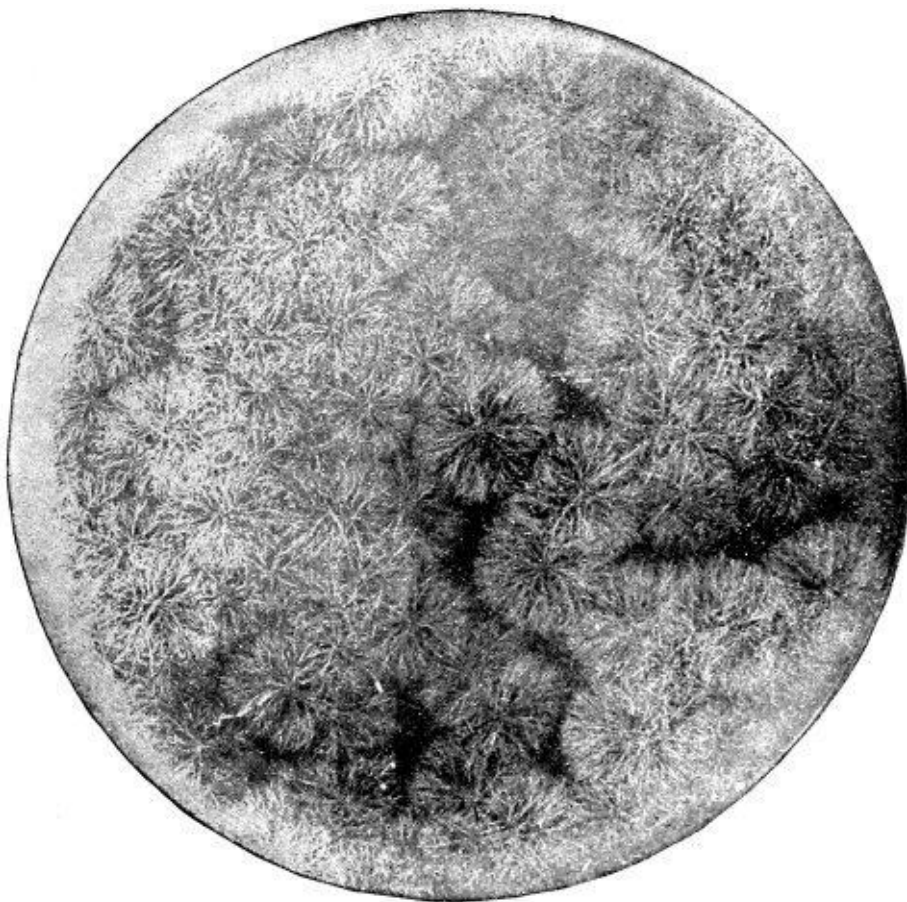


Рис. 6.
Колонии мукора.

15. Движение протоплазмы в мукоре. При исследовании протоплазмы в мукоре мы можем заметить потоковые движения. Часто видно, как поток медленно течет по одной стороне нити, а другой поток течет обратно по другой стороне, или же все потоки могут течь в одном направлении.

16. Тест на проплазму. — Теперь обработаем нити раствором йода. Появляется желтовато-коричневый цвет, который является характерным для проплазмы при

воздействии этого реагента. Если мы попытаемся окрасить живой протоплазм 1% водным раствором эозина, он будет сопротивляться этому в течение некоторого времени, но если мы сначала убьем протоплазм крепким спиртом, он быстро отреагирует на применение эозина. Если мы обработаем живые нити глицерином, протоплазм сократится и отдалится от стенки, как мы обнаружили в случае со спирогирой. Хотя цвет, форма и структура растительного мукора отличаются от спирогиры, а расположение протоплазмы внутри растения также совершенно иное, реакции при обработке определенными реагентами одинаковы. Поэтому мы вправе сделать вывод, что эти два растения обладают общим веществом, которое мы называем протоплазмой.

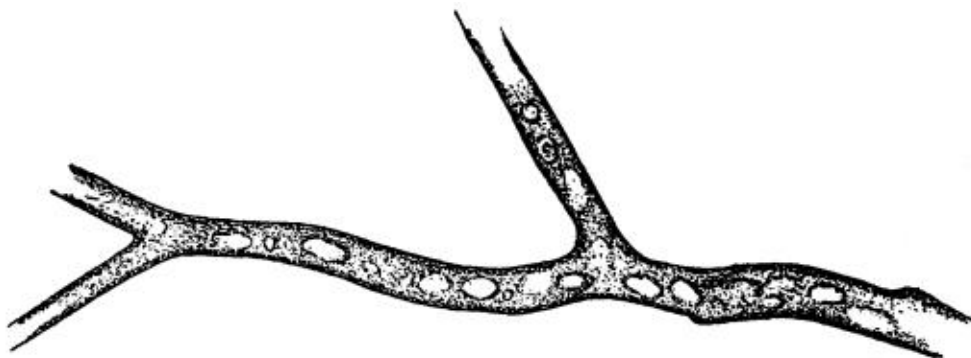


Рис. 7.

Нить мукора, показывающая протоплазму и вакуоли.

Протоплазма в нителле.

17. Одним из наиболее интересных растений для изучения одной замечательной особенности протоплазмы является *нителла*. Это растение принадлежит к небольшой группе, известной как каменные водоросли. Они обладают хлорофиллом и, хотя по сравнению с высшими растениями они все еще довольно просты, они находятся на гораздо более высокой ступени развития, чем спирогира или мукор.

18. Форма нителлы. — Распространенным видом нителлы является *Nitella flexilis*. Она растет в тихих водоемах. Растение состоит из главной оси в форме цилиндра. На довольно регулярных интервалах расположены мутовки из нескольких более мелких нитевидных отростков, которые из-за своего положения называются «листьями», хотя они не являются настоящими листьями. Они имеют характерное ветвление на конце. Главная ось также ветвится, эти ветви возникают в пазухе мутовки, обычно поодиночке. Части оси, где возникают мутовки, являются *узлами*. Каждый узел состоит из ряда небольших клеток, расположенных в определенном порядке. Часть оси между двумя соседними мутовками является *междоузлием* (). Эти междоузлия имеют особую форму. Они состоят из одной «клетки» и имеют цилиндрическую форму с закрытыми концами. Их длина иногда достигает 5-10 см.



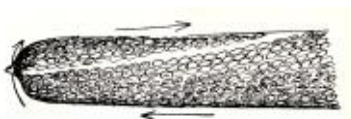
Рис. 8.

Часть растения нителлы.

19. Междоузлие нителлы. Для изучения междоузлия нителлы лучше всего подходит небольшое междоузлие, расположенное ближе к концу или концам одного из «листьев», поскольку оно более прозрачно. Небольшую часть растения следует поместить на стеклянную пластинку в воде с покровным стеклом над пучком ветвей около растущего конца. При исследовании под микроскопом зеленые хлорофилловые тельца, образующие овальные или продолговатые диски, видны в большом количестве. Они расположены довольно близко друг к другу и образуют идеальные ряды вдоль внутренней поверхности стенки. Одной из особенностей расположения хлорофилловых тел является наличие двух линий, проходящих от одного конца междоузлия к другому на противоположных сторонах, где хлорофилловые тела отсутствуют. Они известны как нейтральные линии. Они проходят параллельно оси междоузлия или более или менее спиралеобразно, как показано на [рис. 9](#).

20. Циклоз у нителлы. Хлорофилловые тельца неподвижны на внутренней поверхности стенки, но если микроскоп правильно сфокусирован непосредственно под этим слоем, мы замечаем вращательное движение частиц в протоплазме. Есть мелкие гранулы и довольно крупные массы гранулированного вещества, которые медленно скользят в одном направлении на определенной стороне нейтральной линии. Если теперь мы исследуем протоплазму на другой стороне нейтральной линии, мы видим, что движение происходит в противоположном направлении. Если мы исследуем это движение на конце междоузлия, то видим, что частицы скользят вокруг конца с одной стороны нейтральной линии на другую. Таким образом, при благоприятных условиях, таких как температура, здоровое состояние растения и т. д., это скольжение частиц или видимое течение протоплазмы по одной стороне «клетки» и обратно по другой продолжается в непрерывном вращении, или *циклозе*. В междоузлии нителлы находится много ядер, и они также движутся.

21. Тест на проплазму. — Если мы обработаем растение раствором йода, то получим ту же реакцию, что и в случае со спирогирой и мукором. Проплазма становится желтовато-коричневой.



22. Протоплазма в одном из высших растений.— Теперь мы хотим исследовать и протестировать наличие протоплазмы в одном из высших растений. Молодые или растущие части любого из различных растений — черешки молодых листьев или молодые стебли растущих растений — пригодны для изучения. Ткани из сердцевины кукурузы (*Zea mays*) на молодых побегах сразу за точкой роста или совсем рядом с сочленениями старых, но растущих стеблей кукурузы дают превосходный материал.

Если мы поместим часть стебля этого растения под микроскоп, мы обнаружим, что он слишком непрозрачен для наблюдения внутренней части клеток. Это одно поразительное отличие, которое мы отмечаем, переходя от низких и простых растений к более высоким и сложным; наблюдается не только увеличение размера, но и в целом увеличение толщины частей. Ячейки, вместо того чтобы лежать впритык или бок о бок, собраны вместе так, что части получают совершенно непрозрачными. Чтобы изучить внутреннюю часть выбранного нами растения, его необходимо нарезать такими тонкими пластинами, чтобы через них легко проходил свет.

Для этой цели мы нарезаем выбранную ткань, делая с помощью бритвы или другого очень острого ножа очень тонкие ломтики. Они помещаются в воду обычным способом для микроскопического исследования. В этом разделе мы замечаем, что ячейки имеют многоугольную форму. Это вызвано взаимным давлением всех ячеек. Видно, что гранулированная протоплазма образует слой непосредственно внутри стенки, который соединен с ядерным слоем излучающими нитями того же вещества. Ядро не всегда находится в середине клетки, но часто находится ближе к одной стороне. Если мы теперь нанесем спиртовой раствор йода, появится характерный желтовато-коричневый цвет. Таким образом, мы также приходим к выводу, что это вещество идентично живому веществу в других очень разных растениях, которые мы изучали.

23. Движение протоплазмы у высших растений. Определенные части высших растений являются подходящими объектами для изучения так называемого струящегося движения протоплазмы, особенно тонкие волоски или нитевидные выросты, такие как шелковица кукурузы, или тонкие тычиночные волоски некоторых растений, таких как обыкновенная паутинка, традесканция или традесканции, выращиваемые для украшения в оранжереях и оранжерейных садах.

Иногда даже в живых клетках растения кукурузы, которое мы только что изучили, наблюдаются медленные струящиеся или скользящие движения гранул вдоль нитей протоплазмы, где они расходятся от ядра. [См. Примечание](#) в конце этой главы.

24. Движение протоплазмы в клетках тычиночных волосков “паутинника”.— Клетка одного из этих волосков из тычинки традесканции, выращенной в оранжереях, показана на [рис. 10](#). Ядро довольно заметное, и его расположение в клетке значительно варьируется в разных клетках и в разное время. Вокруг ядра имеется слой протоплазмы, и от него нити протоплазмы простираются наружу к стеночному слою. Большие промежутки между нитями, как мы обнаружили в других случаях, заполнены клеточным соком.

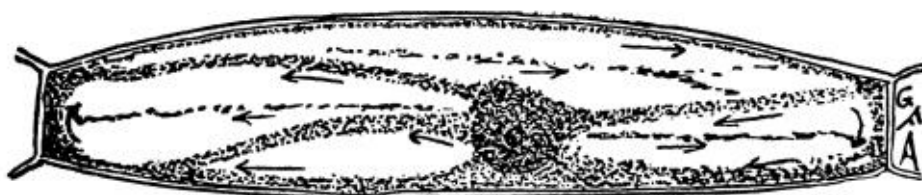


Рис. 10.

Клетка из тычиночных волосков традесканции, показывающая движение протоплазмы.

Целую тычинку или ее часть, к которой прикреплено несколько волосков, следует осторожно опустить в воду. Следует позаботиться о том, чтобы в помещении не было холодно, а в холодную погоду вода, в которую заливается препарат, должна быть теплой. При соблюдении этих мер предосторожности наблюдение за движением потока не должно вызвать особых трудностей.

Движение обнаруживается путем наблюдения за скольжением гранул. Они движутся вниз по одной из нитей от ядра вдоль стеночного слоя и внутрь к ядру в другой нити. Через некоторое время направление движения в любой части может измениться на противоположное.

25. Холод замедляет движение.— Пока протоплазма движется, если мы положим стеклянную пластинку на глыбу льда, движение станет медленнее или вообще прекратится. Затем, если мы слегка согреем слип, движение снова станет нормальным. Теперь мы можем применить здесь обычные тесты на протоплазму. Результат тот же, что и в предыдущих случаях.

26. Протоплазма содержится в живых частях всех растений.—В этих растениях, представляющих такие совершенно разные группы, мы находим вещество, которое, по существу, одинаково у всех. Хотя его расположение в клетке или растительном теле может отличаться у разных растений или в разных частях одного и того же растения, его общий вид одинаков. Хотя у разных растений при жизни он проявляет различные явления в отношении подвижности, все же при уничтожении и воздействии хорошо известных реагентов реакция в целом идентична. Зная по опыту различных исследователей, что протоплазма проявляет эти реакции при данных условиях, мы с удовлетворением продемонстрировали, что видели протоплазму у простой водоросли *spirogyra*, у обыкновенной плесени *mucor*, у более сложной камнеломки *nitella* и в клетках тканей высших растений.

27. С помощью этого простого процесса индукции этих фактов, касающихся этого вещества в этих различных растениях, мы изучили важный метод в научных исследованиях. Хотя эти факты и выводы хорошо известны, повторение методов, с помощью которых они получены, со стороны каждого учащегося помогает сформировать привычки к научной тщательности и терпению и приучает ум к логическим процессам в поиске знаний.

28. Хотя мы ни в коем случае не исчерпали изучение протоплазмы, мы можем на основе этого исследования сделать определенные выводы относительно ее встречаемости в растениях. Протоплазма содержится в живых и растущих частях всех растений. Это полужидкое, или слизистое, гранулированное вещество; у некоторых растений или частей растений протоплазма демонстрирует струящееся или скользящее движение гранул. Раздражителен. В живом состоянии он в течение некоторого времени более или менее сопротивляется поглощению определенных красящих веществ. Вода может быть выведена глицерином. Протоплазма может быть убита алкоголем. При обработке йодом она приобретает желтовато-коричневый цвет.

Примечание. У некоторых растений, таких как, например, элодея, было обнаружено, что выделение протоплазмы часто вызывается каким-либо повреждением или стимулом, в то время как в нормальном состоянии протоплазма не движется.

ГЛАВА II.

АБСОРБЦИЯ, ДИФФУЗИЯ, ОСМОС.

29. В следующий раз мы можем попытаться выяснить, как растения поглощают воду или питательные вещества в растворе. Есть несколько очень поучительных экспериментов, которые можно легко провести, и здесь снова пригодятся некоторые из низших растений.

30. Осмос в спирогире.—Давайте опустим несколько нитей этого растения в воду для микроскопического исследования, а затем нальем под покровное стекло пятипроцентный раствор обычной поваренной соли (NaCl) с помощью фильтровальной бумаги. Вскоре мы увидим, что результат аналогичен тому, который был получен при использовании глицерина для извлечения воды из клеточного сока и для сжатия протоплазматической мембраны клеточной стенки. Но процесс протекает равномерно, и растение не повреждается. Протоплазматический слой клеточной стенки медленно сокращается, и движение мембраны можно наблюдать, глядя в микроскоп. Мембрана сжимается таким образом, что все содержимое клетки в конечном итоге собирается в округлую или овальную массу, которая занимает центр клетки.

Если мы теперь добавим свежей воды и откачаем солевой раствор, мы сможем увидеть, как протоплазматическая мембрана снова расширяется или раздвигается во всех направлениях и занимает свое прежнее положение относительно внутренней поверхности клеточной стенки. Это указывало бы на то, что во время процесса поглощения изнутри возникает некоторое давление, которое заставляет мембрану прижиматься к клеточной стенке.

Солевой раствор вытягивает воду из клеточного сока. Таким образом, в клетке существует тенденция к образованию вакуума, и давление снаружи протоплазматической мембраны заставляет ее перемещаться к центру клетки. Когда солевой раствор удаляют и нить спирогиры снова промывают водой, движение воды в ячейке происходит *внутрь*. Это наводит на мысль, что в клеточном соке растворено какое-то вещество, которое с трудом отфильтровывается через мембрану, а всасывает воду снаружи. Именно это создает давление изнутри и снова прижимает мембрану к клеточной стенке.



Рис. 11.

Спирогиру перед помещением в солевой раствор.

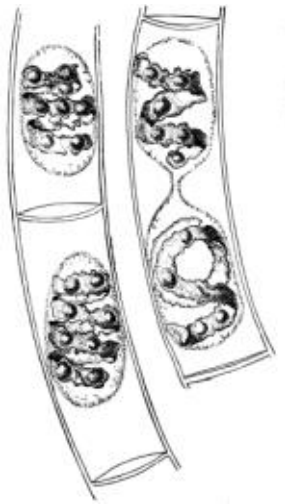


Рис. 12.

Спирогира в 5%-ном солевом растворе.



Рис. 13.

Спирогиру из раствора соли перевести в воду.

31. Набухание.—Если бы не сопротивление, которое стенка клетки оказывает давлению изнутри, тонкая протоплазматическая мембрана растянулась бы до такой степени, что была бы разорвана, и, следовательно, протоплазма погибла бы. Если мы исследуем клетки на концах нитей спирогиры, то в большинстве случаев увидим, что клеточная стенка на свободном конце выгнута дугой наружу. Это вызвано давлением изнутри на протоплазматическую мембрану, которая сама прижимается к клеточной стенке и заставляет ее выгибаться наружу. Это прекрасно показано на примере недавно оборванных нитей. Следовательно, клеточная стенка *эластична*; она в определенной степени поддается давлению изнутри, но вскоре достигается точка, за пределы которой она не будет растягиваться, и тогда существует равновесие между давлением изнутри на протоплазматическую мембрану и давлением извне со стороны эластичной клеточной стенки. Это состояние равновесия в клетке называется *набуханием*, или о такой клетке говорят, что она *набухшая*, или *набухшая*.

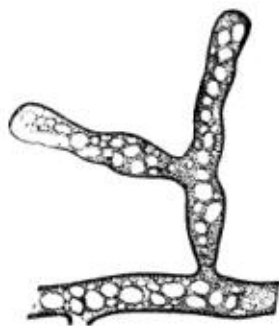


Рис. 14.

Перед обработкой солевым раствором.

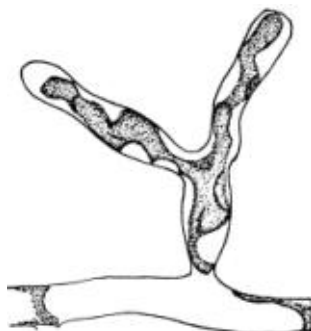


Рис. 15.

После обработки солевым раствором.

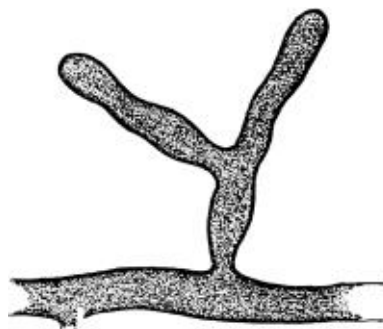


Рис. 16.

Из раствора соли, помещенного в воду.

Рис. 14-16.—Осмоз в нитях тисог.

32. Поэкспериментируйте со свеклой в растворах соли и сахара.— Теперь мы можем проверить действие пятипроцентного раствора соли на часть тканей свеклы или моркови. Нарежем несколько ломтиков одинакового размера и толщиной около 5 мм. Опустите несколько ломтиков в воду, несколько - в пятипроцентный раствор соли и несколько - в крепкий раствор сахара. Сначала следует отметить, что все ломтики получаются довольно жесткими, когда предпринимается попытка согнуть их между пальцами. В течение одного или двух часов или меньше, если мы исследуем ломтики, мы обнаружим, что те, что в воде, остаются, как и вначале, довольно жесткими, в то время как те, что в растворах соли и сахара, становятся более или менее вялыми или вялыми и легко сгибаются при надавливании пальцами, образцы в солевом растворе, возможно, более вялые, чем в растворе сахара. Солевой раствор, как мы пришли к выводу после нашего эксперимента со

спирогирой, забирает часть воды из клеточного сока, клетки, таким образом, теряют свою упругость, а ткани становятся вялыми из-за потери воды.



Рис. 17.

Перед обработкой солевым раствором.

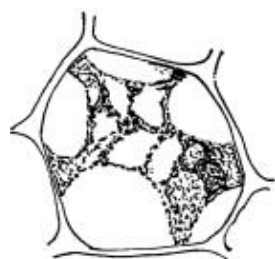


Рис. 18.

После обработки солевым раствором.

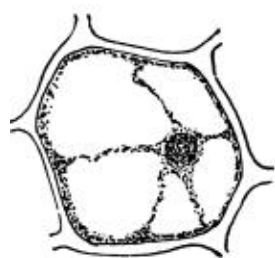


Рис. 19.

Снова перелейте солевой раствор в воду.

Рис. 17-19.—Осмоз в клетках индийской кукурузы.



Рис. 20.

Жесткое состояние среза свежей свеклы.



Рис. 21.

Вялое состояние после лежания в солевом растворе.



Рис. 22.

Снова становится жестким после того, как снова постоит в воде.

Рис. 20-22.—Тургор и осмос в ломтиках свеклы.

33. Теперь выньте несколько ломтиков свеклы из сахарно-солевого раствора, промойте их водой, а затем опустите в свежую воду. В течение от тридцати минут до одного часа, если мы исследуем их снова, мы обнаружим, что они частично или полностью восстановили свою ригидность. И здесь мы снова делаем вывод из предыдущего эксперимента со спирогирой, что вещества в клеточном соке теперь втягивают воду внутрь; то есть диффузионный ток направлен внутрь через клеточные стенки и протоплазматическую мембрану, и ткань снова становится набухшей.

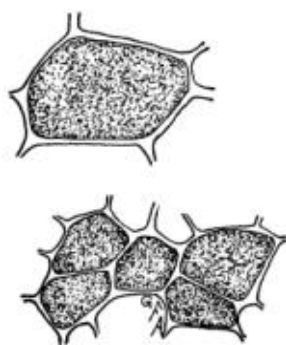


Рис. 23.

Перед обработкой солевым раствором.

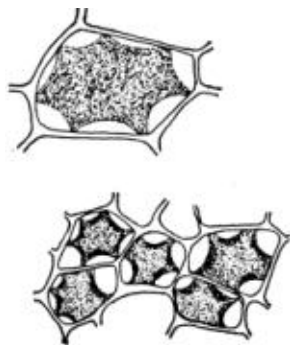


Рис. 24.

После обработки солевым раствором.

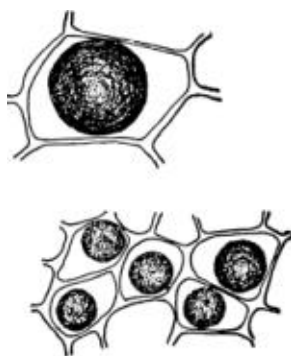


Рис. 25.

Более поздняя стадия того же самого.

Рис. 23-25.—Клетки свеклы, обработанные солевым раствором, демонстрируют осмос и движение протоплазматической мембраны.

34. Осмос в клетках свеклы.— Теперь мы должны сделать срез свежей ткани красной свеклы для исследования под микроскопом и обработать этот срез солевым раствором. Здесь мы можем видеть, что эффект солевого раствора заключается в вытягивании воды из клетки, так что можно видеть, как протоплазматическая мембрана перемещается внутрь от клеточной стенки точно так же, как это наблюдалось в случае со спирогирой.^[4] Теперь, обработав участок водой и удалив солевой раствор, диффузионный ток идет в противоположном направлении, то есть внутрь через протоплазматическую мембрану, так что последняя выдавливается наружу до тех пор, пока снова не войдет в контакт со стенкой клетки, которая благодаря своей эластичности вскоре сопротивляется давлению, и клетки снова становятся набухшими.

35. Красящее вещество клеточного сока нелегко выводится из живой протоплазмы свеклы.— Красящее вещество красного цвета, как видно на срезе под микроскопом, не выходит из клеточного сока через протоплазматическую мембрану. Когда срезы помещают в воду, вода при этом не окрашивается. То же самое происходит, когда ломтики помещают в растворы соли или сахара. Хотя вода выводится из клеточного сока, это красящее вещество не выделяется, а если и выделяется, то медленно и по прошествии значительного времени.

36. Красящее вещество выделяется из мертвой протоплазмы.—Однако, если мы нагреваем воду, содержащую ломтик свеклы, до температуры, достаточной для уничтожения протоплазмы, красное красящее вещество в клеточном соке отфильтровывается через протоплазматическую мембрану и окрашивает воду. Если мы

нагреем препарат, приготовленный для исследования, под микроскопом до температуры термической смерти, мы увидим, что красное красящее вещество выходит через мембрану наружу в воду. Это учит тому, что определенные вещества не могут легко просачиваться через живую мембрану протоплазмы, но что они могут просачиваться, когда протоплазма мертва. Таким образом, очень важным условием успешного протекания некоторых физических процессов, связанных с поглощением в растениях, является то, что протоплазма должна находиться в живом состоянии.

37. Эксперименты с осмосом листьев.— Затем мы можем взять листья определенных растений, таких как герань, колеус или другое растение, и поместить их в неглубокие сосуды, содержащие растворы воды, соли и сахара соответственно. Листья должны быть погружены, но черешки должны выступать из воды или растворов. Рассаду кукурузы или фасоли, особенно последней, также можно поместить в эти растворы так, чтобы были погружены кончики листьев. Через один или два часа исследование показывает, что образцы в воде все еще жидкие. Но если мы приподнимем лист или бобовое растение из раствора соли или сахара, мы обнаружим, что оно вялое и вялый вид. Пластика листа опадает, как будто увядает, хотя он все еще влажный. Саженец фасоли также вялый, сочный стебель изгибается почти вдвое, поскольку нижняя часть стебля удерживается вертикально. Эта потеря упругости вызвана потерей воды из тканей, и, судя по экспериментам на спирогиры и свекле, мы приходим к выводу, что потеря упругости вызвана удалением части воды из клеточного сока под действием крепкого солевого раствора.

38. Теперь, если мы тщательно промоем эти листья и проростки, побывавшие в растворах соли и сахара, водой, а затем погрузим их на несколько часов в свежую воду, они вновь обретут свою упругость. Здесь мы снова приходим к выводу, что диффузионный ток теперь направлен внутрь через протоплазматические мембраны всех живых клеток листа, и что возникающая в результате набухание отдельных клеток вызывает набухание листа или стебля.



Рис. 26.

Рассада редиса, видны корневые волоски.

39. Поглощение корневыми волосками.—Если мы исследуем саженцы, которые были выращены в проращивателе или в складках бумаги или ткани так, чтобы корни были свободны от частиц почвы, мы видим, что вблизи точки роста корней поверхность покрыта многочисленными тонкими, нежными нитевидными телами, корневыми волосками. Давайте поместим часть небольшого корня, содержащую несколько этих корневых волосков, в воду на предметном стекле и подготовим ее для исследования под микроскопом. Мы видим, что каждая нить, или корневой волосок, представляет собой непрерывную трубку, или, другими словами, это отдельная клетка, которая стала очень сильно удлинненной. Протоплазматическая мембрана выстилает стенку, и нити протоплазмы тянутся поперек с неравномерными интервалами, промежутки между ними заняты клеточным соком.

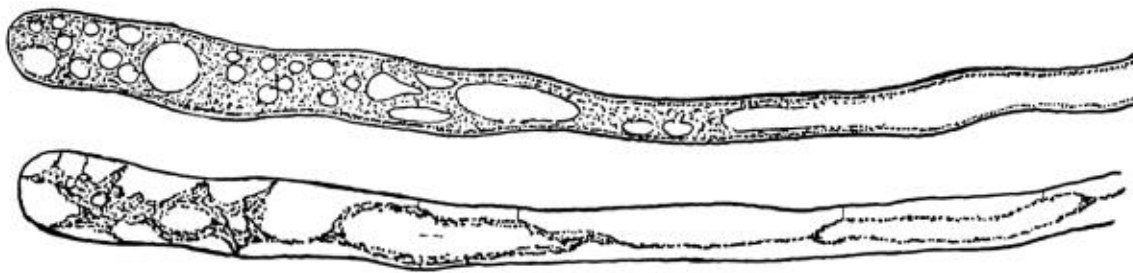


Рис. 27.

Корневые волоски кукурузы до и после обработки 5%-ным солевым раствором.

Теперь нам следует налить под покровное стекло немного пятипроцентного раствора соли. Протоплазматическая мембрана в определенных точках отходит от клеточной стенки, показывая, что *происходит* плазмолиз, то есть диффузионный ток направлен наружу, так что клеточный сок теряет часть своей воды, а давление извне перемещает мембрану внутрь. Мы не должны позволять солевому раствору долго воздействовать на корневые волоски. Его следует очень быстро удалить, втягивая свежую воду до того, как протоплазматическая мембрана будет через определенные промежутки времени разрушена, как это обычно бывает при сильном диффузионном токе и последующем сильном давлении извне. Мембрана протоплазмы теперь перемещается наружу по мере того, как диффузионный ток направляется внутрь, и вскоре восстанавливает свое прежнее положение рядом с внутренней стороной клеточной стенки. Таким образом, корневые волоски, как и другие части растения, которые мы исследовали, обладают способностью поглощать воду под давлением.

40. Клеточный сок - раствор определенных веществ.—Из этих экспериментов мы пришли к выводу, что в клеточном соке растений содержатся определенные вещества, которые ведут себя очень похоже на солевой раствор, когда отделены от воды протоплазматической мембраной. Давайте попытаемся интерпретировать эти явления, обратившись к диффузионным экспериментам, в которых мембрана животного разделяет две жидкости разной концентрации.

41. Искусственная клетка для иллюстрации тургора.—Наполните маленький флакон с широким горлышком *очень крепким* раствором сахара. Над ртом плотно завяжите кусочек оболочки мочевого пузыря. Убедитесь, что при завязывании мембраны на открытом конце флакона сахарный раствор заполняет его, чтобы не допустить образования пузырьков воздуха. Опустите флакон в сосуд с пресной водой и оставьте его там на двадцать четыре часа. Достаньте флакон и обратите внимание, что мембрана выгнута наружу. Проткните острую иглу через мембрану, когда она выгнута дугой наружу, и быстро вытащите ее. Жидкость выплескивается из-за внутреннего давления.



Рис. 28.

Прокалывание воображаемой клетки после того, как она побыла в воде.

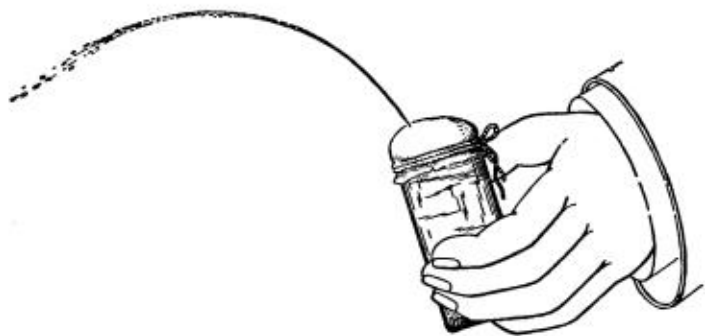


Рис. 29.

То же, что и на рис. 28, после извлечения иглы.

42. Диффузия через мембрану животного.—Для этого эксперимента мы можем использовать трубку из чертополоха, на больший конец которой следует натянуть и туго перевязать кусочек мембраны мочевого пузыря. Теперь в пробирку помещают крепкий раствор сахара (три части сахара на одну часть воды) так, чтобы колба была заполнена, а жидкость частично вышла через горлышко пробирки. Его погружают в воду в бутылке с широким горлышком, при этом горлышко тубика удерживается в перфорированной пробке таким образом, чтобы раствор сахара в тубике находился на одном уровне с водой в бутылке или банке. Через короткое время жидкость начинает подниматься в трубке чертополоха, в течение нескольких часов поднимаясь на несколько сантиметров. Таким образом, диффузионный ток через мембрану в направлении сахарного раствора сильнее, так что при этом набирается больше воды, чем теряется.

Здесь мы имеем две жидкости, разделенные животной мембраной: с одной стороны, вода, которая легко диффундирует через мембрану, а с другой - раствор сахара, который с трудом диффундирует через животную мембрану. Следовательно, вода, не содержащая никакого растворителя, согласно общему закону, который, как было обнаружено, имеет место в таких случаях, легче диффундирует через мембрану в раствор сахара, который, таким образом, увеличивается в объеме, а также становится более разбавленным. Мембрана мочевого пузыря - это то, что иногда называют диффузионной мембраной, поскольку через нее проходят диффузионные токи.

43. В этом эксперименте объем сахарного раствора увеличивается, и за счет этого давления жидкость в пробирке поднимается выше уровня воды в банке за пределами пробирки для чертополоха. Диффузия жидкостей через мембрану называется *осмосом*.

44. Важность этих физических процессов в растениях.—Теперь, если мы вернемся к нашему эксперименту со спирогирой, мы обнаружим, что происходят точно такие же процессы. Протоплазматическая мембрана - это диффузионная мембрана, через которую происходит диффузия. Солевой раствор, который сначала используется для промывания нитей растения, является более сильным раствором, чем раствор клеточного сока внутри клетки. Таким образом, вода вытягивается из клеточного сока, но вещества, находящиеся в растворе в клеточном соке, выводятся нелегко. По мере уменьшения объема клеточного сока давление извне отталкивает протоплазматическую мембрану от стенки. Теперь, когда мы удаляем солевой раствор и снова промываем нить водой, клеточный сок, представляющий собой раствор определенных веществ, диффундирует с большим трудом, чем вода, и диффузионный ток направлен внутрь, в то время как протоплазматическая мембрана прижимается к клеточной стенке, и в результате снова возникает набухание.

Также в экспериментах с растворами соли и сахара на листьях герани, на листьях и стеблях рассады, на тканях и клетках свеклы и моркови, а также на корневых волосках рассады происходят те же процессы.

Эти эксперименты не только учат нас, что в протоплазматической мембране, клеточной стенке и клеточном соке растений есть структуры, способные выполнять эти физические процессы, но они также показывают, что эти процессы имеют первостепенное значение для растения; они не только дают растению способность усваивать питательные вещества из почвы, но и служат другим целям, как мы увидим позже.

ГЛАВА III. КАК РАСТЕНИЯ ПОЛУЧАЮТ ВОДУ.

В связи с изучением способов поглощения растениями воды из почвы будет сочтено удобным внимательно наблюдать за различными формами растения. Не вдаваясь здесь в подробности, предлагается сравнить простые нитевидные формы, такие как *spirogyra*, *ddogonium* и *vaucheria*; увеличенные массы клеток, обнаруженные у таллоидных печеночников, ряски и т.д., с этими печеночниками и со мхами, у которых дифференцированы листовидные разрастания центральной оси. Затем мы должны отметить, как эта дифференциация, с физиологической точки зрения, продвинулась дальше у высших наземных растений.

45. Поглощение водорослями и грибами. У более простых форм растительной жизни, таких как спирогира и многие водоросли и грибы, тело растения не разделено на части.^[5] Во многих других случаях различают только растущую и плодоносящую части. У водорослей и грибов нет дифференциации на стебель и лист, хотя у некоторых высших форм есть приближение к этому. Там, где это простое растительное тело сплющено, как у морского окуня, или ульвы, это *ветвь*. Латинское слово, обозначающее ветвь, - *сроевище*, и это название применяется к растительному телу всех низших растений, водорослей и грибов. Водоросли и грибы вместе иногда называют *таллофитами*, или *сроевищными растениями*. Слово "сроевище" также иногда применяется к уплощенному телу печеночников. У листовидных печеночников и мхов имеется ось с листовидными разрастаниями. Одни считают, что они представляют настоящие стебли и листья, другие - уплощенный сроевище, края которого глубоко и равномерно разделены или разрастание которого происходило только через равные промежутки времени.

Почти у всех водорослей тело растения погружено в воду. В этих случаях поглощение происходит всеми участками поверхности, контактирующими с водой, как у спирогиры, *vaucheria* и всех более крупных морских водорослей. Сравнительно небольшое количество водорослей растет на поверхности камней или деревьев. В этих примерах, вероятно, иногда только части тела растения участвуют в процессе поглощения воды из субстрата. Некоторые из водорослей являются паразитическими, обитая в тканях высших растений, где они окружены водой или жидкостями внутри организма-хозяина. Поглощение происходит таким же образом у многих грибов. Водные грибы погружены в воду. В других формах, таких как мукор, часть мицелия находится в субстрате и, будучи омытой водой или водянистыми растворами, поглощает его, в то время как плодоносящая часть и воздушный мицелий получают свои водные и пищевые растворы из мицелия в субстрате. У высших грибов, таких как шампиньоны, мицелий в земле или гниющей древесине поглощает воду, необходимую для плодоношения; в то время как у грибов-паразитов мицелий находится в воде или жидкости внутри организма-хозяина.

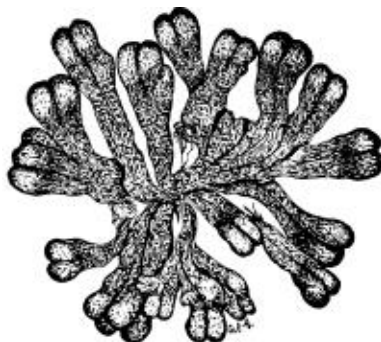


Рис. 30.
Слоевище *Riccia lutescens*.

46. Усвоение печеночниками.—У многих растений, называемых печеночниками, вегетативная часть растения представляет собой тонкое, уплощенное, более или менее удлинненное зеленое тело, известное как слоевище.

Riccia.—Один из них, принадлежащий к роду *riccia*, показан на [рис. 30](#). Его форма чем-то напоминает тонкую ленту, которая разветвляется через определенные промежутки дихотомическим образом - характерный вид разветвления, встречающийся у этих таллоидных печеночников. Эта риччия (известная как *R. lutescens*) произрастает на влажной почве; из-под поверхности слоевища вырастают длинные, тонкие, похожие на волосы отростки, которые напоминают корневые волоски и служат той же цели в процессах поглощения. Другой вид риччии (*R. crystallina*) показан на [рис. 252](#). Это растение имеет округлые очертания и встречается на илистых равнинах. Некоторые виды плавают по воде.

47. Марчантия.—Один из самых крупных и грубых печеночников [обозначен как 31](#). Это очень распространенный печеночник, растущий в очень влажных и илистых местах, а также по берегам ручьев, на иле или на поверхности камней, омываемых водой. Это известно как *марчанция полиморфная*. Если мы исследуем нижнюю поверхность марчантии, то увидим многочисленные волоскоподобные отростки, которые прикрепляют растение к почве. Под микроскопом мы видим, что некоторые из них похожи на корневые волоски проростков, которые мы изучали, и они служат для поглощения. Поскольку, однако, у растения *marchantia* нет корней, эти волосовидные выросты обычно называются здесь *ризоидами*. В маркантии они бывают двух видов: один вид простых с гладкими стенками, а другой вид, в котором внутренние поверхности стенок шероховаты за счет отростков, которые проходят внутрь в виде неправильных зубчатых заострений. Помимо волосков на нижней стороне слоевища, особенно вблизи растущего конца, мы замечаем наличие двух рядов листовидных чешуек, которые на конце слоевища загибаются над растущим концом, таким образом служа для защиты нежных тканей в точке роста.

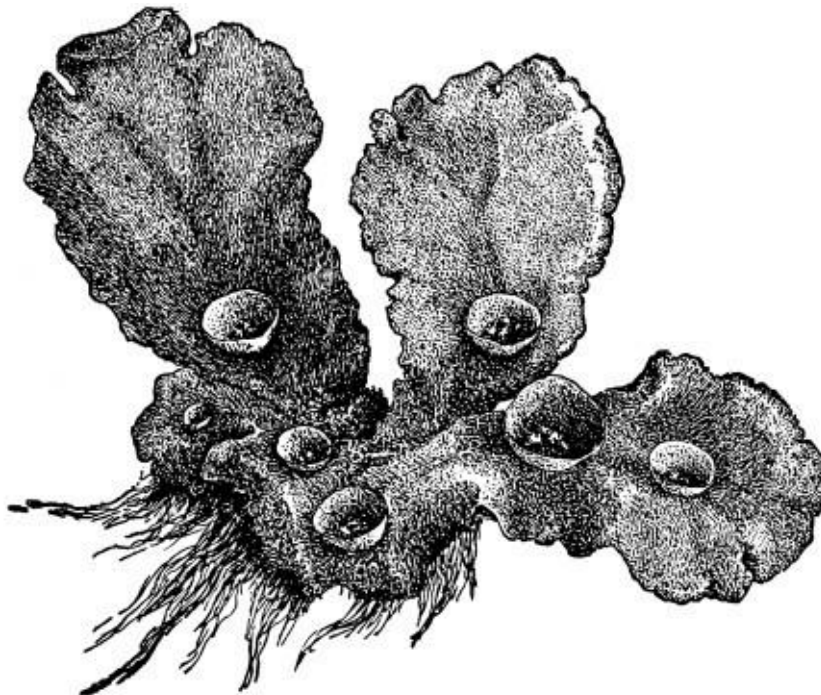


Рис. 31.
Растение марчанция с чашелистиками и геммами; внизу ризоиды.



Рис. 32.

Часть растения Фруллании, листовидной печеночницы.

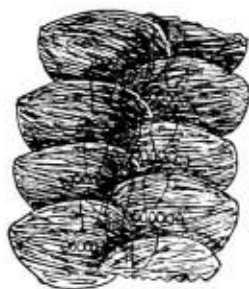


Рис. 33.

Часть того же самого, более сильно увеличенная, показывает перекрывающиеся листья.



Рис. 34.

Нижняя сторона, показывающая раздвоенный нижний ряд листьев и доли боковых листьев.

48. Фруллания.—На [рис. 32](#) показан другой печеночник, который сильно отличается по форме от тех, которые мы только что изучали, тем, что имеет четко выраженную ось с боковыми листовидными выростами. Такие печеночники называются листовидными печеночницами. Помимо этих двух довольно заметных рядов листьев, на нижней поверхности есть третий ряд слабо развитых листьев. Также с нижней поверхности оси мы видим тут и там тонкие наросты - ризоиды, через которые впитывается большая часть воды.

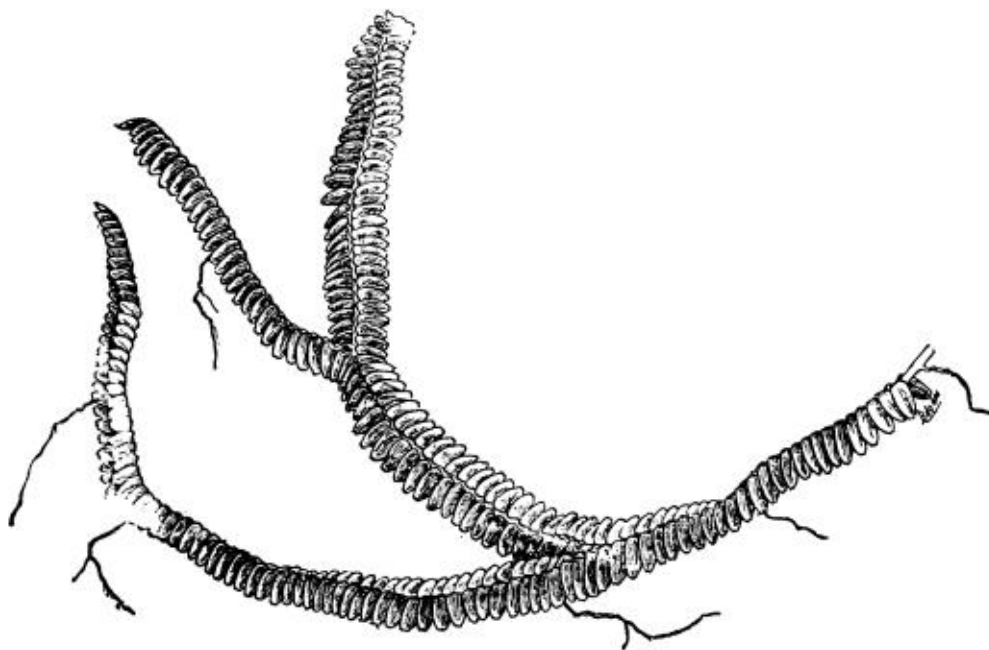


Рис. 35.

Печеночник листовидный (*bazzania*) с дихотомическим ветвлением и перекрывающимися листьями.

49. Поглощение мхами.—Среди мхов, которые обычно встречаются во влажных и затененных местах, имеется множество примеров, подходящих для изучения органов поглощения. Если мы возьмем, к примеру, растение *mniun* (*M. affine*), которое проиллюстрировано на [рис. 36](#), мы заметим, что оно состоит из тонкой оси с тонкими плоскими, зелеными листовидными разрастаниями. Рассматривая под микроскопом нижний конец оси, который прикреплен к субстрату, можно увидеть многочисленные более или менее разветвленные нити коричневого цвета.



Рис. 36.

Женское растение (гаметофит) мха (mniūm), с ризоидами внизу и пучком листьев вверху, которые защищают архегонии.

50. Поглощение высшими водными растениями.—Примерами водных растений, которые полностью погружены в воду, являются водносор, некоторые из водорослей, элодея или водяные сорняки, ленточная трава, валлиснерия и т.д. У этих растений все части тела погружены в воду, они впитывают воду, с которой находятся в контакте. У других водных растений, таких как кувшинки, некоторые из водорослей, утятница и т.д., погружены в воду лишь частично; верхняя поверхность листа или листовидного выростка открыта воздуху, в то время как нижняя поверхность находится в тесном контакте с водой, а стебли и черешки листьев также погружены в воду. У этих растений поглощение происходит через те части, которые контактируют с водой.

51. Поглощение утиным мясом.—Эти растения являются очень любопытными образцами высших растений.

Лемна.—Одна из них показана на [рис. 37](#). Это ряска обыкновенная, *Lemna trisulca*. Он очень своеобразен по форме и способу роста. Каждое из боковых листовидных отростков выходит наружу за счет удлинения прикорневой части, которая становится длинной и тонкой. Затем на них образуются два новых боковых отростка путем удлинения вблизи основания, и, таким образом, растение продолжает разрастаться. Растение встречается в прудах и канавах и иногда встречается очень часто и в изобилии. Оно плавает на поверхности воды. Хотя сплюснутая часть растения напоминает лист, на самом деле это стебель без листьев. Это расширенное зеленое тело обычно называют "листом". Единственный корешок растет с нижней стороны и лишен корневых волосков. Таким образом, поглощение воды происходит через этот корешок и через нижнюю сторону "листка".

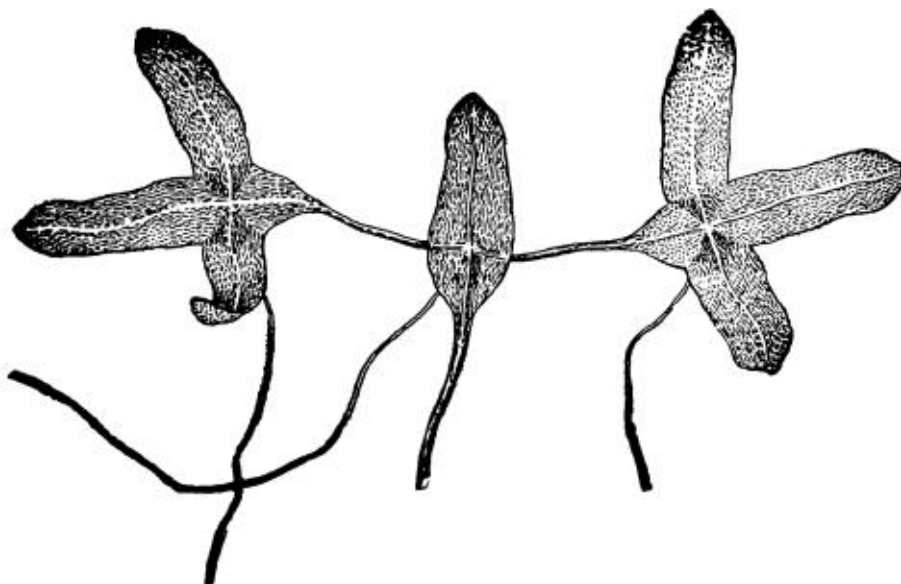


Рис. 37.
Листья ряски обыкновенной (*Lemna trisulca*).

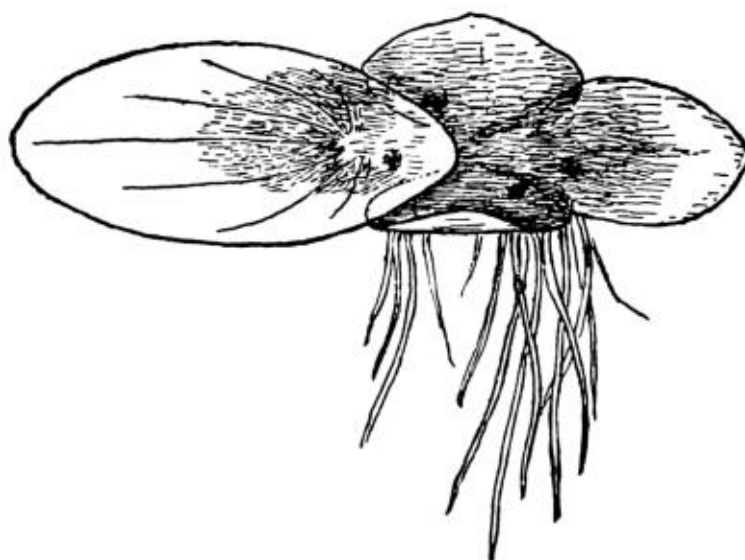


Рис. 38.
Многолистная спиродела.

52. *Spirodela polyrhiza*.—Это очень любопытное растение, тесно связанное с лемной и иногда помещаемое в тот же род. Оно встречается в похожих ситуациях и очень легко выращивается в аквариумах. Напоминает маленькое насекомое, изображенное на [рис. 38](#). На нижней стороне листа есть несколько корешков. Поглощение воды здесь происходит таким же образом, как и в лемне.

53. Поглощение вольфией.— Пожалуй, самым любопытным из этих модифицированных водных растений является маленькая вольфия, которая содержит мельчайшие экземпляры цветковых растений. Два вида этого рода показаны на [рис. 39-41](#). Тело растения сводится к округлому или овальному зеленому телу, которое представляет собой стебель. Листьев или корней нет. Растения размножаются путем “пролиферации”, когда новые листья вырастают из углубления на нижней стороне одного конца. Поглощение происходит через нижнюю поверхность.

54. Поглощение наземными растениями.—*Водные культуры.*—В связи с нашим исследованием того, как наземные растения получают воду, будет удобно приготовить несколько водных культур, чтобы проиллюстрировать это, и которые также могут быть использованы позже при изучении питания ([глава IX](#)).

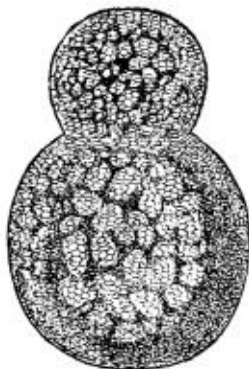


Рис. 39.

Молодая ветвь вольфии, вырастающая из более старой.

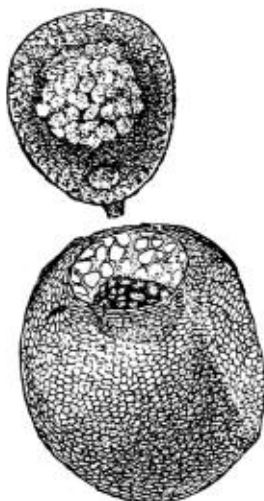


Рис. 40.

Молодая ветвь вольфии, отделяющаяся от более старой.



Рис. 41.

Другой вид wolffia, у которого две ветви все еще соединены.

Химический анализ показывает, что определенные минеральные вещества являются обычными составляющими растений. Выращивая растения в различных растворах этих различных веществ, удалось определить, какие из них являются необходимыми компонентами растительной пищи. Хотя доля минеральных элементов, входящих в состав растительной пищи, может значительно варьироваться в определенных пределах, концентрация растворов не должна превышать определенных пределов. Очень полезное решение, рекомендованное компанией Sachs, заключается в следующем:

55. Формула для водных культур:

Вода	1000	куб.см.
нитрат калия	0,5	гр.
хлорида натрия	0,5	“
Сульфат кальция	0,5	“
Сульфат магния	0,5	“
Фосфат кальция	0,5	“

Фосфат кальция растворим лишь частично. Неиспользуемый раствор следует хранить в темном прохладном месте, чтобы предотвратить рост мельчайших водорослей.

56. Несколько различных растений полезны для экспериментов с водными культурами, такими как горох, кукуруза, фасоль, гречиха и т.д. Семена этих растений можно прорастить, замочив их на несколько часов в теплой воде, поместив их между складками влажной бумаги на неглубоких лотках или в складки влажной ткани. Семена не следует держать погруженными в воду после того, как они впитают достаточно воды, чтобы полностью пропитаться и набухнуть. Одновременно с тем, как семена помещают во влажную бумагу или ткань для проращивания, одну партию замоченных семян следует высадить в хорошую почву и хранить при тех же температурных условиях для контроля. Когда растения прорастут, одну серию следует выращивать в дистиллированной воде, не содержащей

растительной пищи; другую - в питательном растворе, а третью - в питательном растворе, в который добавлено несколько капель раствора хлорида или сульфата железа. Затем было бы проведено четыре серии посевов, которые следует проводить с одним и тем же видом семян в каждой серии, чтобы можно было проводить сравнения с одним и тем же видом в различных условиях. Серия должна быть пронумерована и записана следующим образом:

№ 1, почва.

№ 2, дистиллированная вода.

№ 3, питательный раствор.

№ 4, питательный раствор с добавлением нескольких капель раствора железа.

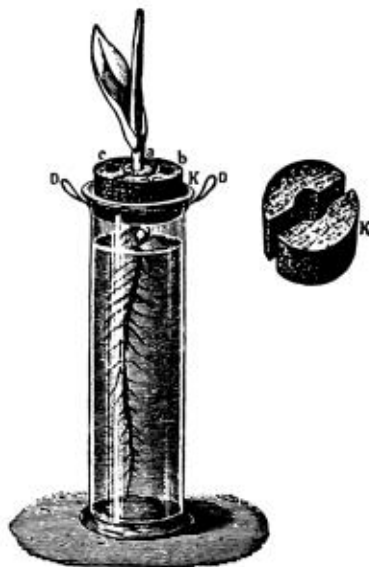


Рис. 42.

Культуральный цилиндр для отображения положения рассады кукурузы (Хансен).

57. Для водных культур можно использовать маленькие банки, бутылки с широким горлышком или глиняные баночки, и культуры устанавливаются следующим образом: пробка, которая как раз помещается в горлышко бутылки или которую можно поддерживать булавками, перфорируется так, чтобы оставалось место для вставки саженца, при этом корень выступает снизу в жидкость. Семена можно закрепить на нужном месте, проткнув булавкой с одной стороны, если они крупные, или в случае с мелкими семенами вместо пробки на горлышко бутылки можно завязать ткань из крупной сетки. После надлежащей организации экспериментов культуры следует разместить в подходящем месте и время от времени наблюдать за ними в течение нескольких недель. Для получения более удовлетворительных результатов следует установить несколько повторяющихся серий для предотвращения ошибок, которые могут возникнуть из-за различий на отдельных установках и в результате несчастного случая. Там, где в классе несколько учеников, одна серия, созданная несколькими учениками, будет действовать как проверка друг друга. Если для жидких культур используются стеклянные банки, их следует обернуть черной бумагой или тканью, чтобы жидкость не попадала на свет, в противном случае многочисленные мельчайшие водоросли могут разрастись и помешать эксперименту. Или банки можно утопить в горшках с землей для той же цели. Если используются глиняные банки, их не нужно накрывать.

58. Некоторое время все растения растут одинаково хорошо, пока не исчерпаются питательные вещества, хранящиеся в семенах. Цифры 1, 3 и 4 в почве и питательных

растворах должны превосходить цифру 2, растения в дистиллированной воде. Цифра 4 в питательном растворе с железом, имеющем идеальное питание, выгодно отличается от растений в почве.

59. Растения получают жидкую пищу из почвы.—Из этих экспериментов мы заключаем, что такие растения усваивают пищу, которую они получают из почвы, в виде жидкости, при этом элементы находятся в растворе в воде.

Если мы вернемся теперь к экспериментам, которые проводились с солевым раствором для проведения плазмолиза в клетках спирогиры, в клетках свеклы или кукурузы, а также в корневых волосках проростков кукурузы и фасоли, и к тому, каким образом эти клетки снова набухают после удаления солевого раствора и повторного промывания водой, мы получим объяснение того, каким образом растения усваивают питательные растворы пищевых материалов через свои корни.

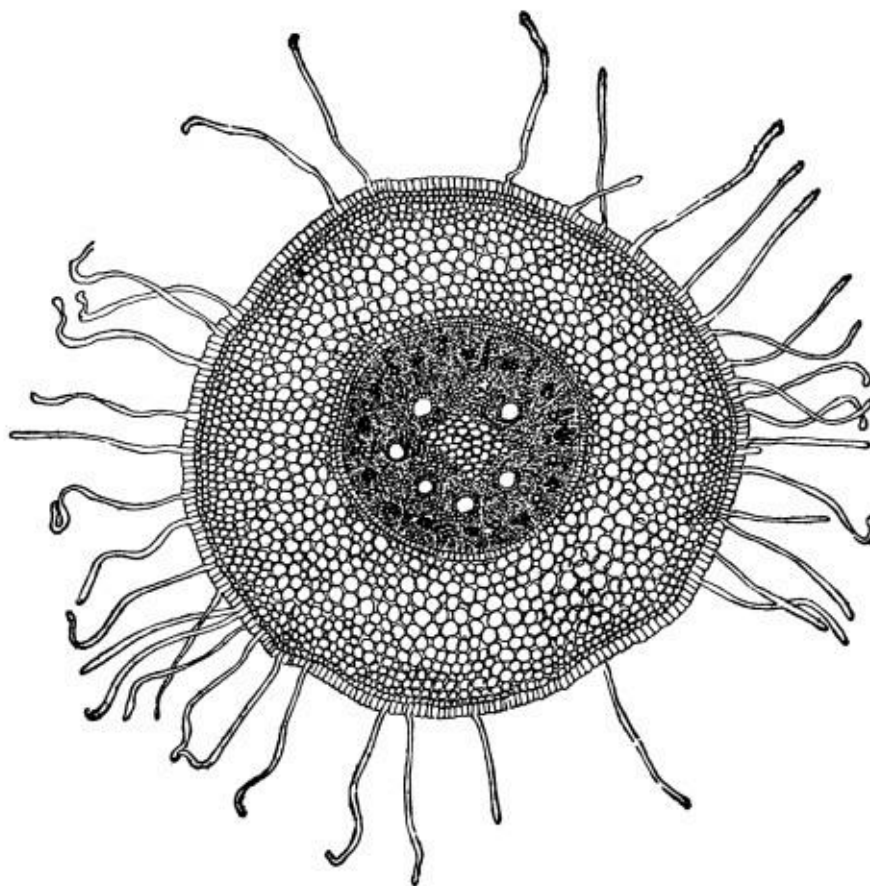


Рис. 43.

Срез корня кукурузы, показывающий ризоиды, образованные из удлиненных клеток эпидермиса.

60. Способ подачи пищевых растворов на завод.—Мы можем видеть, как вода и пищевые растворы поступают на завод, и затем мы должны обратить наше внимание на то, каким образом эти растворы поступают дальше на завод. Мы должны сделать разрез поперек корня саженца в области корневых волосков и осмотреть его с помощью микроскопа. Здесь мы видим, что корневые волоски образуются в результате удлинения определенных поверхностных клеток корня. Эти клетки удлиняются перпендикулярно корню и становятся длиной от 3 до 6 мм. Они имеют изгибистую или неправильную форму и цилиндрическую форму, как показано на [рис. 43](#). Конец волоса рядом с корнем помещается между соседними поверхностными клетками корня и плотно соединяется со следующим более глубоким слоем клеток. Изучая срез молодого корня, мы видим, что корень состоит из

клеток, которые лежат близко друг к другу, каждая со своей стенкой, своей протоплазмой и клеточным соком, протоплазматическая мембрана находится на внутренней стороне каждой клеточной стенки.

61. При поглощении водянистых растворов растительной пищи корневыми волосками клеточный сок, будучи более концентрированным раствором, получает часть первого, поскольку жидкость меньшей концентрации протекает через протоплазматическую мембрану в более концентрированный клеточный сок, увеличивая объем последнего. Это делает корневые волоски набухшими и в то же время разбавляет клеточный сок, так что концентрация его не так велика. Клетки корня, расположенные внутри и близко к основанию корневых волосков, имеют клеточный сок, который в настоящее время более концентрирован, чем разбавленный клеточный сок волосков, и, следовательно, получают часть питательных растворов из последних, что приводит к уменьшению содержания корневых волосков, а также к увеличению концентрации клеточного сока того же самого. Это позволяет корневым волоскам черпать из почвы больше питательных растворов, и, таким образом, за счет изменения концентрации веществ в растворе в клеточном соке различных клеток питательные растворы разносятся до тех пор, пока не достигнут *сосудистых пучков*, по которым растворы разносятся к отдаленным частям растения. Некоторые полагают, что в этих клетках между корневыми волосками и сосудистыми пучками происходит ритмичное действие эластичных клеточных стенок. Это происходит таким образом, что после того, как клетка становится набухшей, она сжимается, таким образом уменьшая размер клетки и вытесняя часть пищевых растворов в соседние клетки, когда за счет поглощения большего количества пищевых растворов или воды клетка снова увеличивается в набухаемости. Это ритмичное действие клеток, если оно действительно имеет место, будет действовать как насос для проталкивания растворов и станет одной из причин давления на корни.

62. Как корневые волоски получают водянистые растворы из почвы.—Если мы исследуем корневые волоски ряда саженцев, которые растут в почве при нормальных условиях, мы увидим, что большое количество почвы легко прилипает к корням. Мы должны также отметить, что, если почва не была недавно полита, в ней нет свободной воды ; почва только влажная. Нам любопытно узнать, как растения могут получать воду из почвы, которая не является влажной. Если мы попытаемся смыть почву с корней, стараясь не оторвать корневые волоски, мы обнаружим, что мелкие частицы так цепко прилипают к корневым волоскам, что их невозможно удалить. Если поместить несколько таких корневых волосков под микроскоп, то создается впечатление, что кое-где корневые волоски приклеились к мельчайшим частицам почвы.

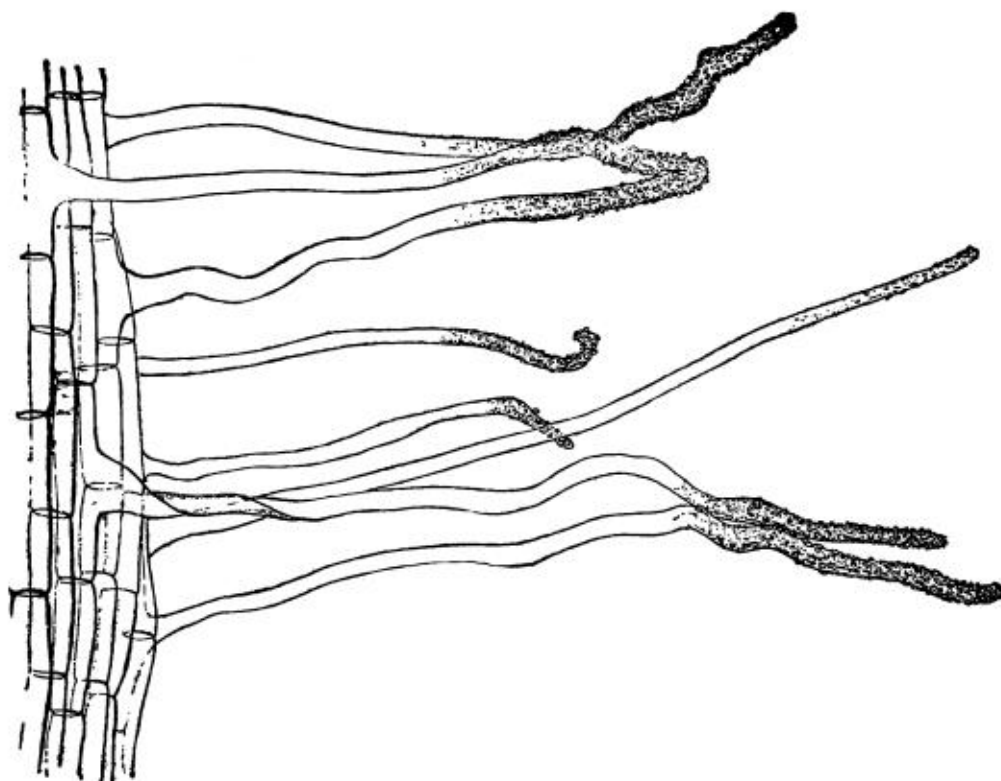


Рис. 44.

Корневые волоски рассады кукурузы с плотно прилегающими частицами почвы.

63. Если теперь мы возьмем немного только влажной почвы, взвесим ее, а затем дадим ей достаточно высохнуть под воздействием сухого воздуха и взвесим снова, мы обнаружим, что при высыхании она теряет вес. Была выделена влага. Было обнаружено, что эта влага образует чрезвычайно тонкую пленку на поверхности мельчайших частиц почвы. Там, где эти частицы почвы лежат близко друг к другу, как это обычно бывает, когда они собраны вместе в горшке или в другом месте, эта тонкая пленка влаги тянется непрерывно от поверхности одной частицы к поверхности другой. Таким образом, частицы почвы, которые так тесно прикреплены к корневым волоскам, соединяют поверхность корневых волосков с этой пленкой влаги. Поскольку клеточный сок корневых волосков впитывает влагу в пленку, с которой они соприкасаются, натяжения этой пленки достаточно для вытягивания влаги из удаленных частиц. Таким образом, корни снабжаются водой только из влажной почвы.

64. Растения не могут удалить всю влагу из почвы.—Если мы сейчас возьмем растение в горшке или горшок с несколькими саженцами, поместим его в умеренно сухое помещение и не будем добавлять воду в почву, то через несколько дней обнаружим, что растение увядает. Почва, если ее осмотреть, на ощупь покажется довольно сухой. Давайте взвесим немного этой почвы, затем высушим ее искусственным нагревом и взвесим снова. Она потеряла в весе. Это было вызвано удалением влаги, которая все еще оставалась в почве после того, как растение начало увядать. Это учит тому, что, хотя растения могут получать воду из почвы, которая только влажная или даже довольно сухая, они не в состоянии извлечь всю влагу из почвы.



Рис. 45.

Проведите эксперимент, чтобы показать давление на корни (определение).

65. “Корневое давление” или давление экссудации.—При весенней обрезке определенных кустарников или виноградных лоз очень часто можно заметить выделение водянистой жидкости с поверхностей среза. Известно, что в случае с виноградной лозой это продолжается в течение нескольких дней, и в некоторых случаях выделяется значительное количество жидкости, называемой “соком”. Во многих случаях это напрямую связано с активностью корней или корневых волосков по поглощению воды из почвы. По этой причине термин *корневое давление* был использован для обозначения силы, прилагаемой при подаче воды из почвы. Но есть некоторые, кто возражает против использования этого термина “давление на корни”. Основное возражение заключается в том, что давление, которое вызывает явление, известное растениям как “кровотечение”, присутствует не только в корнях. Это давление при определенных условиях существует во всех частях растения. Термин “давление экссудации” был предложен вместо термина “давление корня”. Следует помнить, что движение воды в растении запускается давлением, которое существует в корне. Если используется термин “корневое давление”, следует четко иметь в виду, что он не выражает это явление в точности во всех случаях.

Можно измерить корневое давление.—Можно измерить не только количество воды, которое корни поднимут за заданное время, но и силу, прилагаемую корнями при надавливании на корни. Было обнаружено, что корневое давление в случае крапивы достаточно для удержания столба воды высотой около 4,5 метров (15 футов) (Виноградные лозы), в то время как корневое давление виноградной лозы (Hales, 1721) будет удерживать столб воды высотой около 10 метров (36,5 футов), а береза (*Betula lutea*) (Clark, 1873) имеет корневое давление, достаточное для удержания столба воды высотой около 25 метров (84,7 фута).

66. Поэкспериментируйте, чтобы продемонстрировать корневое давление.—С помощью очень простого метода показан подъем воды за счет корневого давления. В течение летнего сезона можно использовать растения на открытом воздухе, если это предпочтительно, но растения, выращенные в горшках, также очень полезны, и можно использовать комнатную бегонию или бальзамин, последний особенно полезен. Растения

обычно удобно доставать из теплиц, чтобы проиллюстрировать это явление. Стебель срезают довольно близко к почве, и к срезанному концу стебля прикрепляют длинную стеклянную трубку, все еще соединенную с корнями, с помощью резиновой трубки, как показано на [рисунке 45](#), и можно налить очень небольшое количество воды, чтобы смочить срезанный конец стебля. Через несколько минут вода в стеклянной пробирке начинает подниматься. В некоторых случаях она поднимается довольно быстро, так что при наблюдении с довольно короткими интервалами можно легко увидеть, как столб воды поднимается в трубе все выше и выше. (Измерить силу давления корня довольно сложно для элементарной работы. Чтобы измерить это, смотрите "Ганонг, Физиология растений", стр. 67, 68, или какую-нибудь другую книгу для углубленной работы.)

67. В любом случае, когда эксперимент продолжается в течение нескольких дней, замечено, что столб воды или ртути поднимается и опускается в разное время в течение одного и того же дня, то есть столб находится на разной высоте; или, другими словами, корневое давление меняется в течение дня. На некоторых растениях было обнаружено, что давление наиболее велико в определенное время суток или в определенные сезоны года. Такое изменение давления на корнях характеризуется так называемой периодичностью, и в случае некоторых растений наблюдается суточная периодичность, в то время как у других, кроме того, существует годовая периодичность. У виноградной лозы давление на корнях наиболее велико до полудня и уменьшается с 12-6 часов дня, в то время как у подсолнечника оно наиболее велико перед 10 часами утра, когда оно начинает снижаться. Температура почвы является одним из важнейших внешних условий, влияющих на активность корневого давления.

ГЛАВА IV.

ТРАНСПИРАЦИЯ, ИЛИ ПОТЕРЯ ВОДЫ РАСТЕНИЯМИ.

68. Теперь нам следует выяснить, используется ли при разработке новых строительных материалов вся вода, которая забирается сверх той, которой на самом деле достаточно для набухания. Мы замечаем, что когда с растения срезают лист или побег, если только они не хранятся в достаточно влажном состоянии или во влажном прохладном месте, они становятся вялыми и пониклыми. Он, как мы говорим, вянет. Листья и побег теряют свою упругость. Этот факт говорит о том, что произошла потеря влаги из побега или листа. Легко видеть, что эти потери происходят не в виде капель воды, которые вытекают из срезанного конца побега или черешка. Что же тогда происходит с водой в срезанном листе или побеге?

69. Потеря воды из срезанных листьев.— Давайте возьмем горсть свежих, зеленых, довольно сочных листьев, на поверхности которых нет влаги, и поместим их в стеклянную банку-колпак, которая снизу плотно закрыта, но в которой нет воды. Теперь поставьте это на ярко освещенное окно или на солнечный свет. В течение пятнадцати-тридцати минут мы замечаем, что на внутренней поверхности стеклянной банки скапливается тонкая пленка влаги. Через час или более влага накопится так, что она появится в виде маленьких капель конденсированной воды. В то же время мы должны установить стеклянную банку точно таким же образом, но без листьев. В этой банке нет конденсированной влаги на внутренней поверхности. Таким образом, мы вправе заключить, что влага в первой банке поступает из листьев. Поскольку на поверхности листьев или на срезанных концах воды нет до того, как она могла там сконденсироваться, мы делаем вывод, что вода выходит из листьев в виде *водяного пара*, и что этот водяной пар, соприкасаясь с поверхностью холодного стекла, конденсируется и образует пленку влаги, а затем капли воды. Таким образом, листья этих срезанных побегов теряют воду в виде водяного пара, что приводит к потере набухаемости.

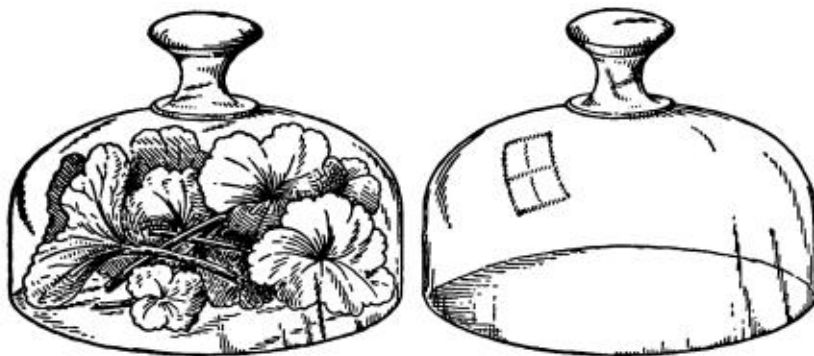


Рис. 46.

Чтобы показать потерю воды из листьев, листья просто прикрыты.

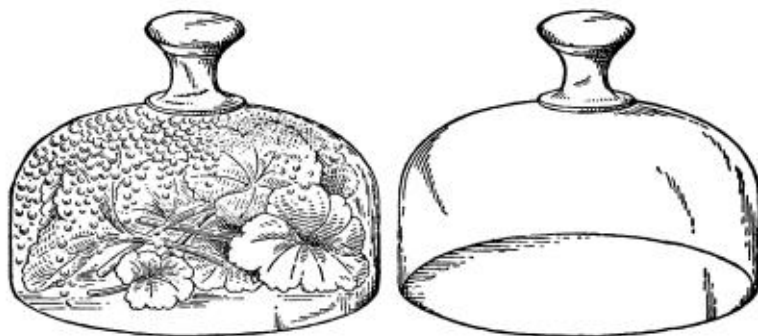


Рис. 47.

Через несколько часов на внутренней стороне банки, покрывающей листья, скапливаются капли воды.

70. Потеря воды растущими растениями.—Предположим, что теперь мы берем небольшое и активно растущее растение в горшке и накрываем горшок и почву листом резиновой ткани или гибкой клеенки, которая плотно прилегает к стеблю растения, чтобы влага из почвы или с поверхности горшка не могла вытекать. Затем накройте растение стеклянной банкой и поставьте в ярко освещенное место при температуре, подходящей для роста. В течение нескольких минут в сухой день на внутренней поверхности стекла образуется пленка влаги, точно так же, как это было в случае со стеклянной банкой, содержащей срезанные побеги и листья. Позже влага сконденсировалась так, что приобрела форму капель. Если у нас здесь будет такая же поверхность листьев, как у срезанных побегов, мы, вероятно, обнаружим, что на поверхности банки скапливается большее количество воды от растения, которое все еще прикреплено к своим корням.

71. Вода выходит с поверхности живых листьев в виде водяного пара.—Затем это живое растение теряет воду, которая также выходит в виде водяного пара. Поскольку здесь нет мест среза на побегах или листьях, мы делаем вывод, что потеря водяного пара происходит с поверхности листьев и из побегов. Следует также отметить, что, хотя это растение теряет воду с поверхности листьев, оно не увядает и не теряет своей упругости. Корни благодаря своей активности и давлению подают воду, заменяющую ту, которая выделяется в виде водяного пара. Эта потеря воды растениями в виде водяного пара называется *транспирацией*.

72. Проверка выхода водяных паров из растений.—Приготовьте раствор хлорида кобальта в воде. Пропитайте им несколько кусков фильтровальной бумаги. Дайте им высохнуть. Водный раствор хлорида кобальта красного цвета. Бумага тоже красная, когда она влажная, но когда она полностью высыхает, она синяя. Бумага очень чувствительна к влаге, и влажности воздуха часто бывает достаточно, чтобы она покраснела. Перед использованием высушите бумагу в духовке или на огне.

73. Возьмите две стеклянные банки, как показано на [рис. 49](#). Под одно поместите растение в горшке, накрыв горшок и землю промасленной бумагой. Или накройте растение банкой из-под фруктов. К столбику в горшке приколите кусочек высушенной кобальтовой бумаги и одновременно приколите к столбику в другой банке, не прикрывающей растение, другой кусочек кобальтовой бумаги. Их следует положить под банки одновременно. Через несколько минут бумага в банке с растением начнет краснеть. Через короткое время, вероятно, минут через десять-пятнадцать, она станет полностью красной, в то время как бумага под другой банкой останется синей или лишь слегка покраснеет. Водяной пар, выходящий из живого растения, вступает в контакт с чувствительным хлоридом кобальта в бумаге и окрашивает ее в красный цвет до того, как образуется достаточное количество пара для конденсации в виде пленки влаги на поверхности банки.

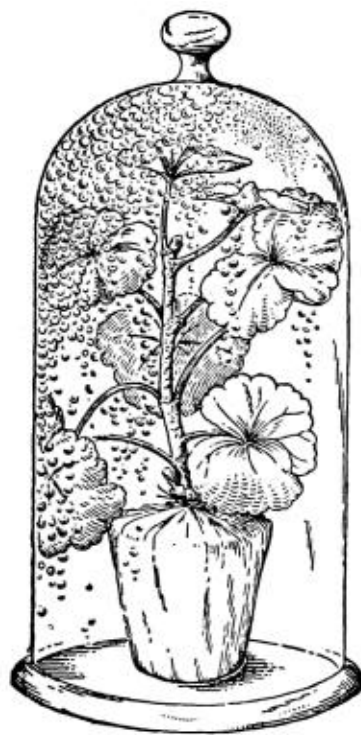


Рис. 48.

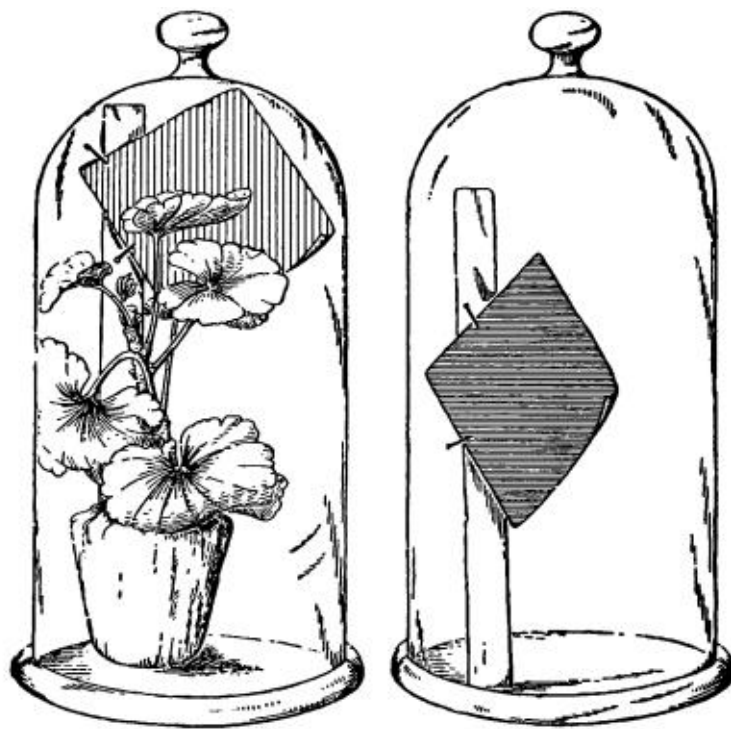


Рис. 49.

Рис. 48.—Водяной пар выделяется листьями, прикрепленными к живому растению. Он конденсируется в капли воды на прохладной поверхности стекла, прикрывающего растение.

Рис. 49.— Хороший способ показать, что вода выходит из листьев в виде водяного пара.

74. Проведите эксперимент по сравнению потерь воды в сухой и влажной атмосфере.—Теперь нам следует сравнить вытекание воды из листьев растения, накрытого стеклянной банкой, как в последнем эксперименте, с тем, что происходит, когда растение

обычным образом выставлено на воздух в помещении или на открытом воздухе. Для этого мы должны выбрать два растения одного вида, растущих в горшках, и с примерно одинаковой поверхностью листьев. Растения в горшках помещают по одному на рычаги весов. В этом положении одно из растений накрывается стеклянной банкой. С помощью гирь, размещенных на поддоне другой руки, обе стороны уравниваются. В течение часа, если воздух в помещении сухой, влага, вероятно, скопилась на внутренней поверхности стеклянной банки, которая используется для укрытия одного из растений. Это указывает на то, что здесь произошла потеря воды. Но водяной пар не выходит в окружающий воздух, так что вес на этом рычаге практически такой же, как в начале эксперимента. Однако мы видим, что другое плечо весов поднялось. Мы предполагаем, что это результат потери водяного пара из установки на этом плече. Теперь давайте снимем стеклянную банку с другого растения, тряпкой сотрем всю влагу с внутренней поверхности и поставим банку на место над растением. Мы отмечаем, что конец шкалы, на которой находится это растение, все еще ниже, чем другой конец.

75. Потери воды больше в сухой атмосфере, чем во влажной.— Это показывает нам, что в то время как водяной пар выходил из растения под колпаком, воздух в этом приемнике вскоре насыщался влагой, и, таким образом, предотвращался дальнейший выход влаги из листьев. Это также учит нас другому очень важному факту, а именно тому, что растения быстрее теряют воду через листья в сухом воздухе, чем во влажной атмосфере. Теперь мы можем понять, почему в очень жаркую и сухую часть определенных дней растения часто увядают, в то время как с наступлением темноты, когда атмосфера становится более влажной, они оживают. При прочих равных условиях они теряют больше воды через листья в засушливую часть дня, чем в другое время.

76. Как происходит транспирация.—Поскольку вода при испарении выделяется в виде водяного пара, мы вынуждены задаться вопросом, является ли этот процесс простым *испарением* воды через поверхность листьев, или же он в сколько-нибудь заметной степени контролируется какими-либо условиями живого растения. Поучительный в этом отношении эксперимент мы найдем в сравнении испарения воды с листьев срезанного побега, оставленного лежать незащищенным в сухом помещении, и аналогичного срезанного побега, листья которого были уничтожены.

77. Для эксперимента подойдет практически любое растение. Для этой цели я использовал следующий метод. Были отобраны небольшие веточки саранчи (*Robinia pseudacacia*), донника (*Melilotus alba*) и гелиопсиса. Одну пару побегов погрузили на мгновение в горячую воду, близкую к температуре кипения, чтобы они погибли. Другой набор был погружен на такой же промежуток времени в холодную воду, чтобы поверхности листьев были хорошо увлажнены, и, таким образом, два набора листьев в начале эксперимента были бы похожи в том, что касается количества воды на их поверхностях. Затем все побеги разложили на столе в сухом помещении, отделив листья от убитых побегов там, где они склонны слипаться. За короткое время вся вода испаряется с поверхности живых листьев, в то время как листья мертвых побегов все еще остаются влажными на поверхности. Через шесть часов листья мертвых побегов, с которых к этому времени испарилась поверхностная вода, начали подсыхать, в то время как листья живых растений только становились вялыми. Через двадцать четыре часа листья мертвых побегов стали хрустящими и ломкими, в то время как листья живых побегов только увяли. Еще через двадцать четыре часа листья донника и гелиопсиса были все еще мягкими и эластичными, что свидетельствовало о том, что в них все еще содержалось больше воды, чем в погибших побегах, которые оставались хрустящими более суток.

78. Следовательно, во время того, что называется транспирацией, живое растение способно в некоторой степени удерживать воду, которая в мертвом растении уходила бы быстрее за счет испарения. Также известно, что водоем с поверхностью, равной поверхности данного листа растения, теряет больше воды за счет испарения за тот же промежуток времени, чем растение теряет за счет транспирации.

79. Строение листа.— Теперь мы должны задаться вопросом, почему живой лист теряет воду менее быстро, чем мертвый, и почему с данной поверхности листа вытекает меньше воды, чем с равной поверхности воды. Чтобы понять это, необходимо изучить мельчайшую структуру листа. Для этой цели мы можем выбрать лист плюща, хотя многие другие листья подойдут одинаково хорошо. Из части листа мы должны сделать очень тонкие поперечные срезы бритвой или другим острым инструментом. Эти срезы должны быть перпендикулярны поверхности листа, а затем их следует поместить в воду для микроскопического исследования.^[6]

80. Эпидермис листа.—В этом разделе мы видим, что зеленая часть листа окаймлена на его верхней и нижней поверхностях рядом ячеек, которые не имеют зеленого цвета. Стенки ячеек каждого ряда имеют почти параллельные стороны, а поперечные стенки перпендикулярны. Эти клетки образуют единый слой на обеих поверхностях листа и называются *эпидермисом*. Их стенки довольно прочные, а внешние *кутикуляризованы*.

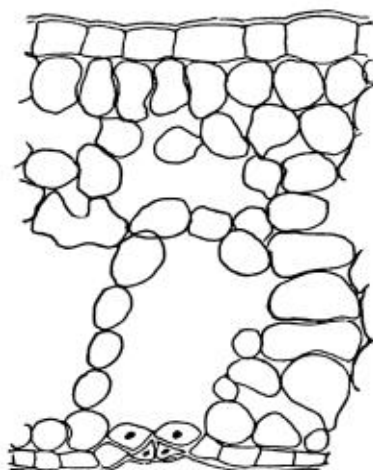


Рис. 50.

Разрез листа плюща, показывающий сообщение между устьищем и большими межклеточными пространствами листа, устьища закрыта.



Рис. 51.

Открытая стома.

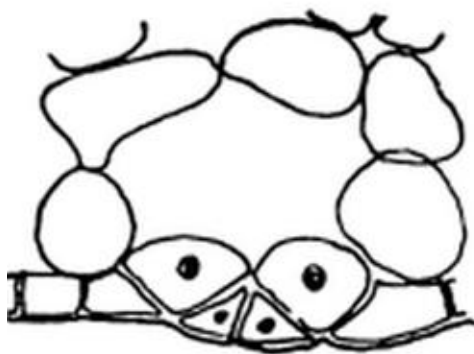


Рис. 52.

Стома закрыта.

Рис. 51, 52—Разрез устьиц листа плюща.

81. Мягкая ткань листа.—Клетки, содержащие зеленые тельца хлорофилла, расположены двумя различными способами. Те, что расположены на верхней стороне листа, обычно длинные и призматической формы и расположены близко параллельно друг другу. Из-за такого расположения этих ячеек они называются *частоколными* ячейками и образуют так называемый *слой частокола*. Другие зеленые клетки, расположенные ниже, сильно различаются по размеру у разных растений и в некоторой степени также у одного и того же растения. Здесь мы замечаем, что они удлинённые, или овальные, или несколько неправильной формы. Однако наиболее поразительной особенностью их расположения является то, что обычно они не расположены вплотную друг к другу, но каждая ячейка соприкасается с другими соседними ячейками только в определенных точках. Такое расположение этих клеток образует довольно большие промежутки между ними, межклеточные пространства. Если бы мы исследовали такую часть листа до того, как поместить ее в воду, мы бы увидели, что межклеточные пространства заполнены не водой или клеточным соком, а воздухом или каким-то газом. С другой стороны, внутри клеток мы находим клеточный сок и протоплазму.

82. Устьица.—Если мы внимательно изучим ряд эпидермальных клеток на нижней поверхности листа, мы обнаружим здесь и там своеобразное расположение клеток, показанное на рис. [51](#), [52](#). Это отверстие в эпидермальном слое является *стомой*. Ячейки, которые непосредственно окружают отверстия, являются *сторожевыми* ячейками. Форму защитных клеток можно лучше разглядеть, если мы оторвем лист таким образом, чтобы оторвать короткий кусочек нижнего эпидермиса, и опустим его в воду. Защитные клетки имеют форму почти полумесяца, а стома имеет эллиптическую форму. На этом снимке клетки эпидермиса имеют очень неправильные очертания. Мы также должны отметить, что в то время как клетки эпидермиса не содержат хлорофилла, защитные клетки содержат его.

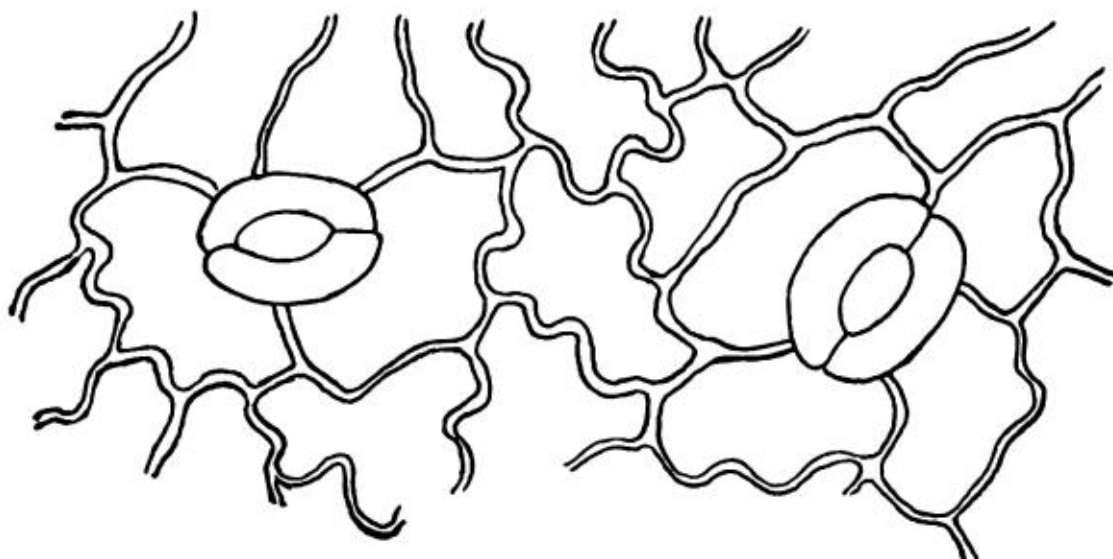


Рис. 53.

Участок эпидермиса плюща, показывающий неправильные клетки эпидермиса, устьицу и защитные клетки.

82а. В листе плюща защитные ячейки довольно простые, но у большинства растений форма, видимая в поперечном сечении, имеет неправильные очертания, как показано на [рис. 53а](#), который сделан из среза листа грушанки. Этот лист интересен тем, что он демонстрирует характерную структуру листьев многих растений, растущих в почве, где поглощение воды корнями затруднено из-за холодной воды, кислот или солей, содержащихся в воде или почве, или в сухой почве (см. Главы [47](#), 54, 55). Кутикула над верхним эпидермисом довольно толстая. Это уменьшает потерю воды листом. Компактные частоколы ячеек расположены в два-три слоя, что также снижает потерю воды.

83. Живая протоплазма замедляет испарение воды с листа.—Если мы теперь примем во внимание несколько фактов, которые мы узнали в предыдущей главе относительно физических свойств живой клетки, мы сможем дать частичное объяснение сравнительной медленности, с которой вода вытекает из листьев. Внутренние поверхности клеточных стенок выстланы мембраной из протоплазмы, а внутри нее находится клеточный сок. Эти клетки набухли из-за поглощения воды, которая поступила к ним от корней. Хотя протоплазматическая мембрана клеток с трудом пропускает воду, тем не менее она насыщена водой, и эластичная клеточная стенка, с которой она соприкасается, также насыщена. Из клеточной стенки вода испаряется в межклеточные пространства. Но вода медленно выводится через протоплазматическую мембрану, так что водяной пар не может отводиться от клеточных стенок так быстро, как это было бы, если бы протоплазма была мертва. Таким образом, живая протоплазматическая мембрана, которая лишь медленно проницаема для воды клеточного сока, является здесь очень важным фактором, препятствующим слишком быстрой потере воды из листьев.

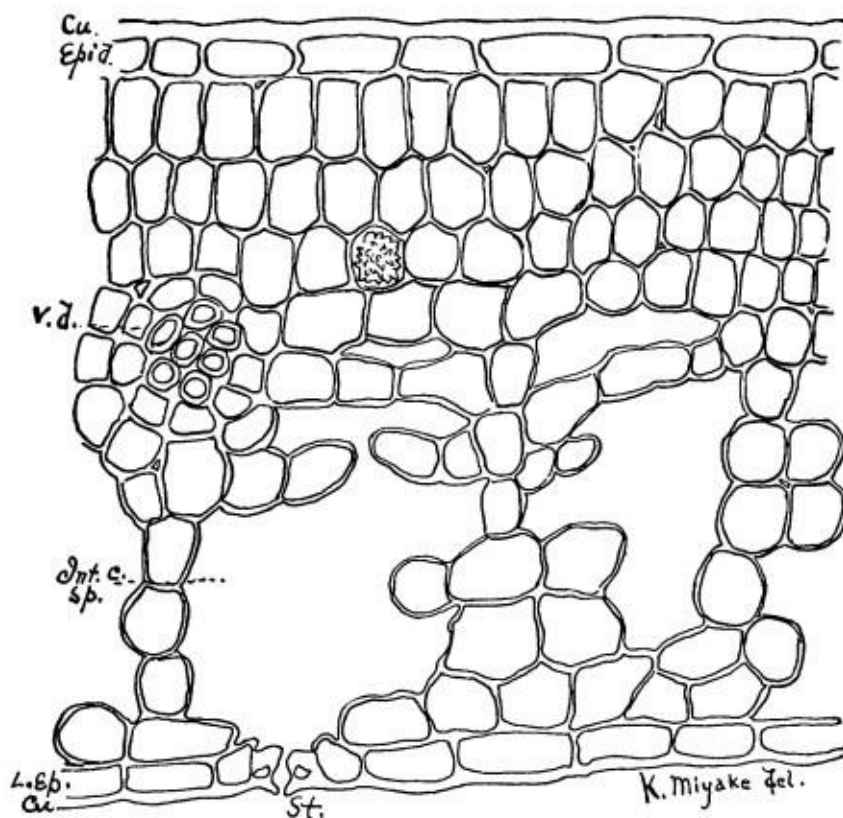


Рис. 53а.

Поперечный разрез листа грушанки. *Cu.*, кутикула; *Epid.*, эпидермис; *v.d.*, сосудистый проток; *Int. c. sp.*, межклеточное пространство; *L. ep.*, нижний эпидермис; *St.*, устьица.

Изучая срез нашего листа, мы видим, что все межклеточные пространства соединены, и что устьица, где они находятся, также открываются в межклеточные пространства. Здесь появляется возможность для выхода водяного пара из межклеточных пространств, когда устьица открыты.

84. Действие устьиц. Защитные клетки выполняют важную функцию регулирования транспирации. При нормальном испарении защитные клетки набухают, и их своеобразная форма заставляет их выгибаться дугой друг от друга, позволяя водяному пару выходить наружу. Когда воздух становится слишком сухим, транспирация превышает поглощение корнями. Защитные клетки теряют часть содержащейся в них воды и сжимаются так, что их внутренние поверхности сходятся на прямой линии и закрывают устьицу. Таким образом контролируется быстрое испарение. Однако некоторое испарение водяного пара происходит через клетки эпидермиса, и если воздух остается слишком сухим, листья в конечном итоге становятся вялыми и пониклыми. В течение дня воздействие солнечного света приводит к увеличению содержания определенных сахаров или солей в защитных клетках, так что они легко набухают и открывают устьица, но ночью клеточный сок менее концентрирован, и устьица обычно закрыты. Таким образом, свет способствует испарению, в то время как в темноте испарение сдерживается.

85. Сравните испарение с двух поверхностей листа.—Это можно сделать с помощью бумаги из хлорида кобальта. Этот документ можно хранить из года в год и использовать неоднократно. Таким образом, провести эти эксперименты очень просто. Возьмите два кусочка стекла (очищенные негативы отлично подходят), два куска бумаги с хлоридом кобальта и несколько листьев герани, полностью очищенных от воды. Высушите бумагу, пока она не станет синей. Положите один лист бумаги на стеклянную тарелку; лист герани положите на бумагу нижней стороной. Теперь на верхнюю сторону листа положите другую

кобальтовую бумагу, а рядом второй кусок стекла. На стопку нанесите легкий груз, чтобы детали хорошо соприкасались. Через пятнадцать-двадцать минут откройте и осмотрите. Бумага, прилегающая к нижней стороне листа герани, красная в том месте, где она находится под листом. Бумага с верхней стороны лишь слегка покраснела. Следовательно, большая потеря воды происходит через нижнюю сторону листа герани. Это верно для очень многих листьев, но верно не для всех.

86. Отрицательное давление.—На это указывает не только поникание листьев, но и может быть определено другим способом. Если срезать побег такого растения под ртутью или под сильным раствором эозина, то обнаружится, что часть ртути или эозина, в зависимости от обстоятельств, будет принудительно втягиваться в стебель по направлению к корням. Это видно по быстрому расщеплению срезанного конца стебля. Если растения в открытом грунте в таком состоянии получить невозможно, можно взять растение, например бальзамин, из теплицы или какое-либо другое комнатное растение, высадить его из горшка, освободить корни от почвы и дать им частично увянуть. Затем плодоножку можно поддержать под раствором эозина и срезать.



Рис. 54.

Эксперимент, показывающий подъемную силу транспирации.

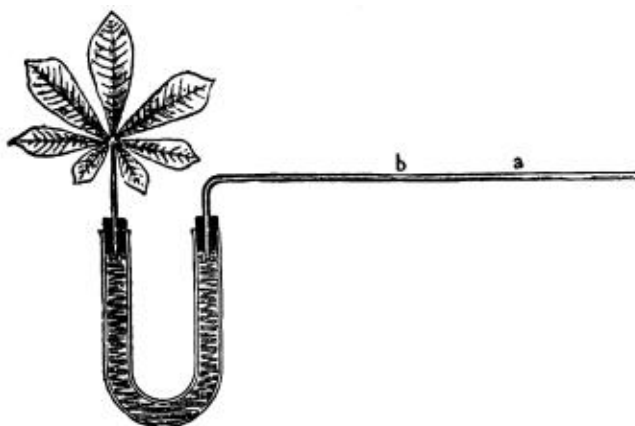


Рис. 55.

Оценка количества транспирации. Трубки заполнены водой, и по мере того, как вода стекает с поверхности листа, можно измерить ее перемещение в трубке от *a* к *b*. (Вслед за Мангином.)

87. Повышающая способность испарения.— Транспирация не только происходит совершенно независимо от давления корней, как мы обнаружили в ходе других экспериментов, но и способна оказывать подъемное воздействие на воду в растении. Это

можно продемонстрировать следующим образом: поместите обрезанный конец побега с листьями в один конец U-образной трубки и плотно затяните ее. Частично заполните этот рукав U-образной трубки водой и добавляйте ртуть в другой рукав до тех пор, пока она не станет на одном уровне в двух рукавах, как показано на [рис. 54](#). Через короткое время мы замечаем, что ртуть в трубке поднимается.

88. Давление на корни может превышать транспирацию.—Если мы накроем небольшие активно растущие растения, такие как горох, кукуруза, пшеница, фасоль и т.д., колпаком и поместим их на солнечный свет, где температура подходит для роста, то через несколько часов, если условия будут благоприятными, мы увидим, что на краях листьев выступают капли воды. Эти капли воды вышли через обычные устьица, или в других случаях так называемые водяные устьица, под воздействием давления корня. Когда растение закрыто стеклянной банкой, воздух вскоре насыщается влагой и проверяется транспирация. Однако давление корней все еще продолжается, и результат виден в виде капель влаги. Корневое давление здесь превышает транспирацию. Это явление часто наблюдается в течение летнего сезона у низкорослых растений. В ясный теплый день транспирация равна или может превышать корневое давление, и, следовательно, листья становятся вялыми. С наступлением темноты воздух становится более влажным, а условия освещения также таковы, что уменьшается транспирация. Однако корневое давление все еще активно, потому что почва все еще теплая. В этих случаях можно увидеть капли воды, выступающие по краям листьев из-за превышения давления корней над транспирацией. Если бы не это положение об отводе избытка воды, образующегося под давлением корней, это могло бы привести к серьезным повреждениям в результате сильного давления. Таким образом, растение в некоторой степени является саморегулирующимся элементом аппарата в том, что касается давления на корни и транспирации.

89. Травмы, вызванные чрезмерным давлением корней.—Некоторые сорта томатов при выращивании в плохо освещенных и плохо вентилируемых теплицах получают серьезные травмы из-за поражения тканей. Это вызвано тем, что клетки в определенных частях тела наполняются водой под действием корневого давления и уменьшенной транспирации, чему, вероятно, способствует также накопление определенных кислот в клеточном соке, от которых нельзя избавиться путем транспирации. В этих условиях некоторые клетки здесь набухают, образуя обширные подушки, а клеточные стенки настолько ослабевают, что лопаются. У некоторых растений можно имитировать избыточное давление корней, подключив стебли к системе водяного давления, когда очень быстро капли воды начнут стекать с краев листьев.

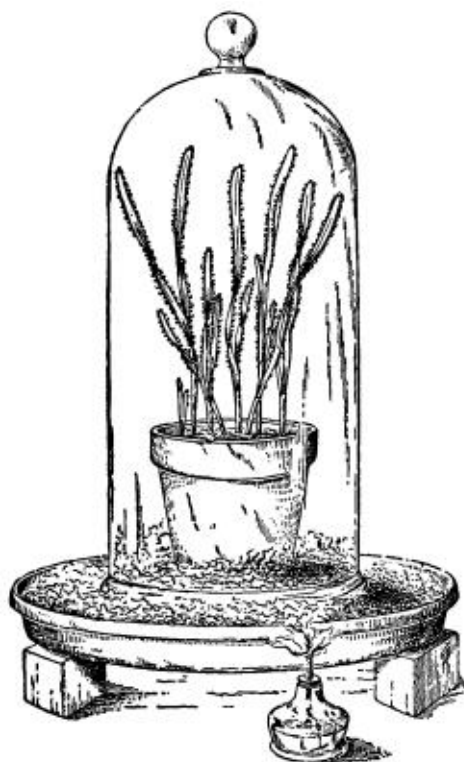


Рис. 56.

Корни поднимают в растение больше воды, чем может быть выделено в виде водяного пара, поэтому она выдавливается каплями. Из “Первых исследований жизни растений”.

90. Следует отметить, что на самом деле нет никакой разницы между транспирацией и испарением, если иметь в виду, что испарение с живых растений происходит медленнее, чем с мертвых, или с ровной поверхности воды.

91. Выделение водяного пара - не единственная функция устьиц. Через них, как мы увидим позже, происходит газообмен. Большое количество экспериментов показывает, что в норме устьица открыты, когда листья набухшие. Но когда растения теряют чрезмерное количество воды в сухие и жаркие дни, так что листья становятся вялыми, защитные клетки автоматически закрывают устьица, чтобы предотвратить утечку водяного пара. Некоторое количество воды просачивается через эпидермис многих растений, хотя кутикуляризованная мембрана эпидермиса в значительной степени предотвращает испарение. В засушливых регионах растения обычно покрыты эпидермисом из нескольких слоев клеток, чтобы более надежно предотвращать там испарение. В таких случаях защитные клетки часто защищены тем, что они глубоко погружены в слой эпидермиса.

92. Демонстрация устьиц и межклеточных воздушных пространств.—Хорошую демонстрацию наличия устьиц в листьях, а также наличия и взаимосвязи межклеточных пространств можно получить, продувая срезанный конец черешка листа каллы лилии, пластинку которого погружают в воду. Воздух вытесняется через устьица и поднимается в виде пузырьков к поверхности воды. По окончании эксперимента некоторые пузырьки воздуха все еще будут соприкасаться с поверхностью листа при раскрытии устьиц. Давление воды постепенно вытесняет их обратно в лист. Для эксперимента подойдут и другие растения, но некоторые из них подходят больше, чем другие.

92а. Количество устьиц.—Большее количество устьиц находится на нижней стороне листа. (У листьев, которые плавают на поверхности воды, все устьица находятся на верхней стороне листа, как у кувшинки.) В результате исследований было подсчитано, что в целом

на квадратный миллиметр поверхности приходится 40-300 устьиц. У некоторых растений это число превышено, как, например, у оливы, где их насчитывается 625. В целом листе *Brassica cara* насчитывается около 11 000 000 устьиц, а в целом листе подсолнечника - около 13 000 000 устьиц.

92b. Количество воды, выделяемое растениями.—Количество воды, выделяемое растениями, очень велико. Согласно тщательным оценкам, подсолнечник высотой 6 футов поглощает в среднем около одной кварты воды в день; акр капусты - 2 000 000 кварт за четыре месяца; дуб с 700 000 листьями поглощает около 180 галлонов воды в день. По словам фон Хенеля, буквое дерево возрастом 110 лет за одно лето выделило около 2250 галлонов воды. С гектара таких деревьев (около 400 на 2½ акра) с той же скоростью было бы произведено около 900 000 галлонов, или около 30 000 баррелей, за одно лето.

ГЛАВА V. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ.

93. В нашем исследовании корневого давления и транспирации мы увидели, что большое количество воды или растворов перемещается вверх по стеблям растений. Теперь мы должны выяснить, через какую часть стеблей проходит жидкость при этом движении вверх, или, другими словами, каков путь “сока”, поднимающегося по стеблю. В этом мы можем легко убедиться на следующем примере.

94. Опустите срезанные кончики побегов с листьями в раствор какого-нибудь красного красителя.—Мы можем срезать побеги различных растений с листьями и опустить обрезанные концы в сосуд с водой, в который добавлено несколько кристаллов красителя, известного как фуксин, для придания темно-красного цвета (можно использовать и другие красные красители, но этот особенно хорош). Если исследование проводить летом, то будет обнаружено очень полезное растение “не прикасайся ко мне” (*impatiens*) или садовый бальзам, который также можно приобрести зимой в оранжереях. Однако подойдет практически любое растение, но мы также должны выбрать такое, как кукуруза (*zea mays*), если это происходит летом, или черешки растения, такого как каладиум, которые можно приобрести в оранжерее. Если под рукой есть саженцы клещевины, мы можем срезать несколько побегов высотой 8-10 дюймов и также поместить их в раствор.

95. Эти растворы окрашивают участки в стебле и листьях, по которым они протекают.—Через несколько часов у *impatiens* или более нежных растений мы можем видеть сквозь стебель, что определенные участки окрашены раствором в красный цвет, а через 12-24 часа можно увидеть красную окраску листьев некоторых используемых растений. После того, как побеги простоят в растворе несколько часов, если мы срежем их в разных местах, то заметим, что на срезе есть несколько точек, где ткани окрашены в красный цвет. У нетерпеливых, возможно, от четырех до пяти, у подсолнечных их больше. У этих растений окрашенные участки на поперечном сечении стебля расположены концентрическим кольцом, которое более или менее полностью отделяет внешнее кольцо стебля от центральной части. Если теперь мы разделим части стебля вдоль, то увидим, что эти окрашенные участки продолжаются по всей длине стебля, в некоторых случаях даже до листьев и проникают внутрь них.

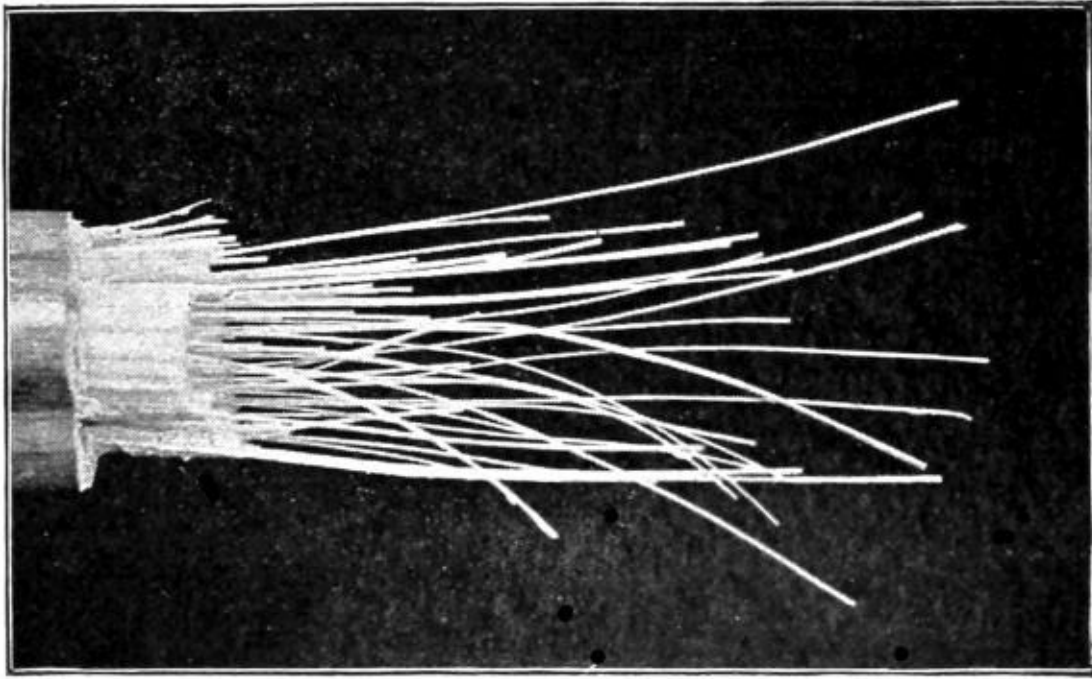


Рис. 57.

Сломанный стебель кукурузы, видны сосудисто-волокнистые пучки.

96. Если мы надрежем поперек стебель растения кукурузы, побывавшего в растворе, мы увидим, что окрашенные участки расположены не концентрическим кольцом, а неравномерно, а при расщеплении стебля мы также увидим, что эти окрашенные участки простираются на большие расстояния через стебель. Если мы возьмем зрелый или старый и отмерший стебель кукурузы, сделаем разрез по внешним твердым тканям, а затем сломаем стебель в этом месте, из более мягких тканей будут отходить длинные нити ткани, как показано на [рис. 57](#). Эти полоски более плотной ткани соответствуют участкам, окрашенным красителем. Они имеют форму мельчайших пучков и называются *сосудистыми пучками*.

97. Таким образом, мы видим, что вместо того, чтобы жидкости проходили через весь стержень, они ограничиваются определенными каналами. Теперь, когда мы обнаружили путь восходящего движения воды в стебле, нам любопытно посмотреть, какова структура этих определенных частей стебля.

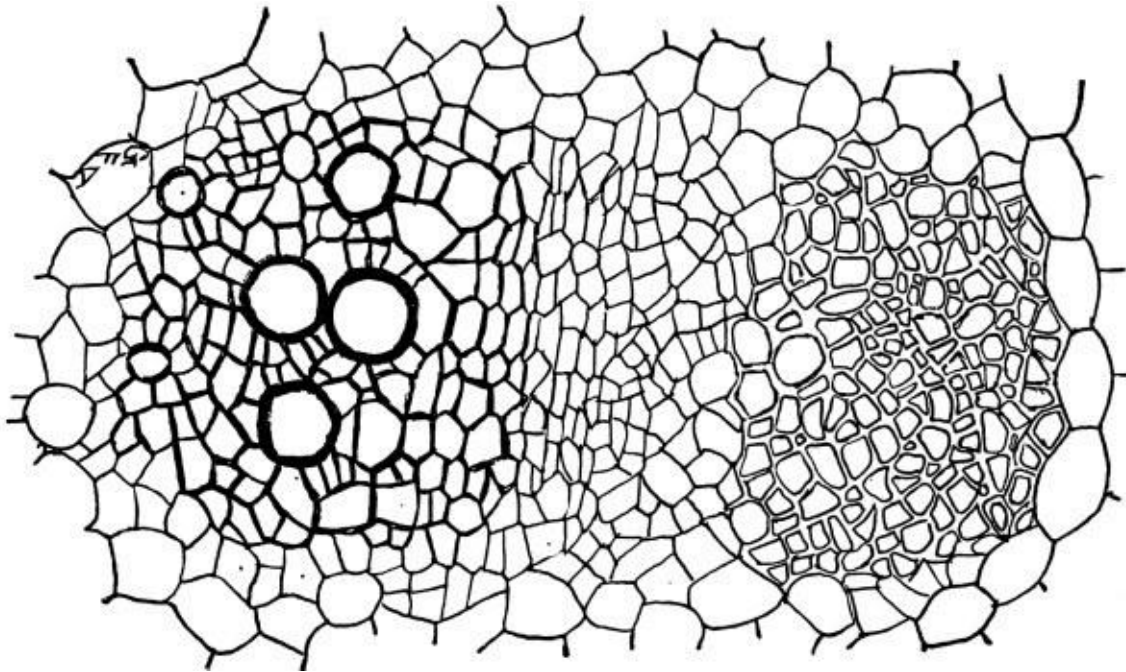


Рис. 58.

Часть пучка ксилемы. Часть пучка камбия. Лубяная часть пучка.

Участок сосудистого пучка стебля подсолнечника.

98. Строение сосудисто-волокнистых пучков.—Теперь мы должны сделать довольно тонкие поперечные срезы, либо свободной рукой и поместить в воду для микроскопического исследования, либо их можно сделать с помощью микротомы и поместить в канадский бальзам, и в таком состоянии они пригодны для будущих исследований. Чтобы проиллюстрировать структуру пучка у одного вида, мы можем взять стебель клещевины. Изучив эти поперечные срезы, мы видим, что существуют группы клеток, которые более плотны, чем основная ткань. Эти группы соответствуют окрашенным участкам в предыдущих экспериментах и представляют собой рассеянные поперек сосудистые пучки. Эти группы имеют несколько овальные очертания, с заостренным концом, направленным к центру ножки. Если мы посмотрим на срез в целом, мы увидим, что имеется узкое непрерывное кольцо из мелких клеток, расположенных на том же расстоянии от центра ножки, что и средняя часть пучков, и что оно разделяет пучки на две группы клеток.

99. Древесная часть пучка.—В той части пучка, которая находится внутри кольца, то есть ближе к “сердцевине”, мы замечаем большие, круглые или угловатые полости. Стенки этих ячеек довольно толстые и деревянистые. Поэтому их называют древесными клетками, и поскольку они состоят из непрерывных клеток над и под ними в стебле таким образом, что образуются длинные трубки, их называют древесными сосудами. К ним примешаны ячейки меньшего размера, некоторые из которых также имеют толстые стенки и представляют собой деревянные ячейки. У некоторых из этих ячеек могут быть тонкие стенки. Это происходит со всеми, когда они молоды, и затем их относят к основной ткани или мягким тканям (паренхиме). Эта часть пучка, поскольку она содержит древесные сосуды и волокна, является *древесной частью* пучка, или, технически, *ксилемой*.

100. Лубяная часть пучка.—Если наш разрез проводится через не слишком молодую часть стебля, в тканях внешней части пучка обнаружится либо одна, либо несколько групп

клеток с белыми и блестящими стенками, которые утолщены так же или больше, чем у древесных сосудов. Эти клетки являются *лубяными* клетками, и по этой причине эта часть пучка является *лубяной* частью, или *флоэмой*. Часто можно обнаружить вперемешку с ними клетки с тонкими стенками, если только пучок не очень старый. Ближе к центру пучка и все еще внутри лубяной части находятся ячейки с тонкими стенками, угловатые и неправильно расположенные. Это более мягкая часть луба, и некоторые из этих клеток представляют собой так называемые *решетчатые* трубки, которые лучше видны и изучены в продольном сечении стебля.

101. Область камбия пучка.— Через центр пучка проходят несколько рядов мелких клеток, самых маленьких в пучке, и мы можем видеть, что они расположены более регулярно, обычно довольно правильными рядами, как кирпичи, сложенные друг на друга. Эти клетки имеют более тонкие стенки, чем любые другие в пучке, и они обычно приобретают более глубокое окрашивание при обработке раствором некоторых красителей. Это связано с тем, что они моложе и, следовательно, богаче протоплазматическим содержимым. Эта зона молодых клеток поперек пучка называется *камбием*. Его клетки растут и делятся, и таким образом увеличивается размер пучка. Благодаря этому увеличению числа клеток слоя камбия самые внешние клетки с обеих сторон постоянно переходят во флоэму, с одной стороны, и в древесную часть пучка, с другой стороны.

102. Продольный разрез пучка.—Если мы сделаем тонкие продольные разрезы сосудистого пучка проростка клеверины (или другого двудольного растения) так, чтобы у нас получились тонкие надрезы, проходящие через пучок радиально, как показано на [рис. 59](#), мы сможем увидеть структуру этих частей пучка на виде сбоку. Здесь мы видим, что форма ячеек сильно отличается от той, что представлена на их поперечном сечении. На стенках различных протоков нанесены своеобразные маркировки. Эти отметины вызваны тем, что в одних местах стенки толще, чем в других, и в некоторых случаях это утолщение происходит настолько регулярно, что образуются регулярные спиральные утолщения. Другие имеют утолщения в виде витков лестницы, в то время как третьи имеют выщербленные стенки или утолщения в форме колец.

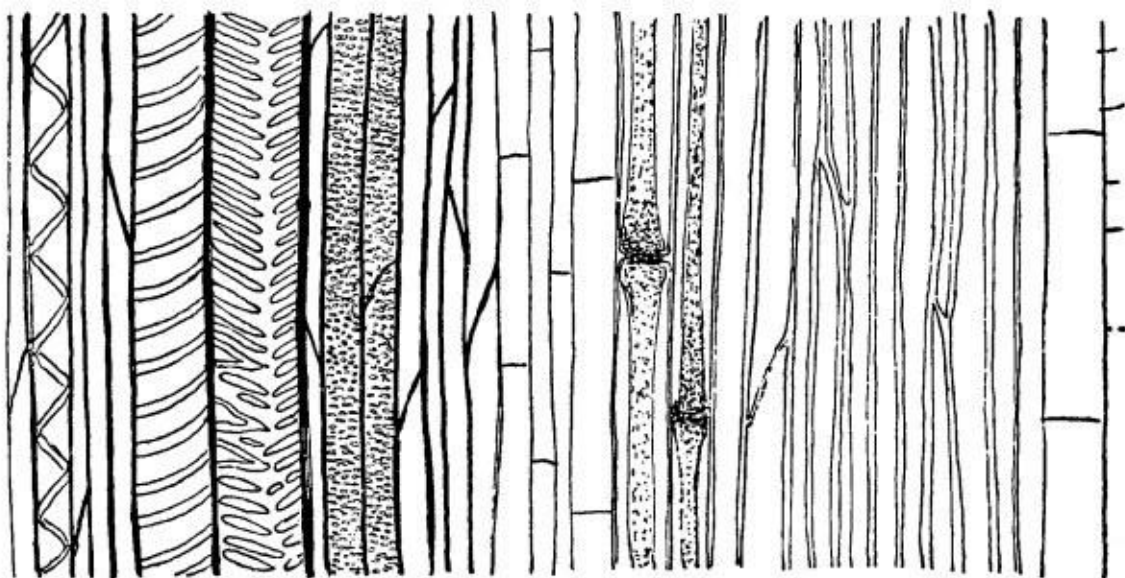


Рис. 59.

Продольный разрез сосудистого пучка стебля подсолнечника; слева спиралевидные, скаляриевидные сосуды с косточками; далее идут древесные волокна с наклонными поперечными стенками; посередине клетки камбия с прямыми поперечными стенками, далее две ситовые трубки, затем флоэма или лубяные клетки.

103. Сосуды или протоки.—Один из способов, которым клетки при виде сбоку сильно отличаются от вида с торца, в поперечном сечении пучка, заключается в том, что они намного длиннее в направлении оси ножки. Клетки сильно вытянулись. Если мы поищем место, где две из этих больших ячеек со спиралевидными или лестничными отметинами пересекаются вплотную, мы увидим, что стена, которая раньше разделяла ячейки, почти или совсем исчезла. Другими словами, теперь у двух ячеек есть открытая коммуникация на концах. Это справедливо для больших расстояний в стебле, так что длинные столбики этих крупных клеток образуют трубки или сосуды, по которым вода поднимается в стеблях растений.

104. В лубяной части пучка мы обнаруживаем клетки лубяных волокон по их толстым стенкам. Они очень удлинённые, а концы сужаются к тонким заострениям, так что они накладываются друг на друга. Таким образом, они служат для укрепления стебля.

105. Ситовые трубки.Рядом с лубяными клетками, обычно ближе к камбию, расположены продолговатые клетки, расположенные встык, с тонкими отметинами на поперечных стенках, которые выглядят как тонко проколотые пластины или сита. Протоплазма в таких клетках обычно довольно отчетлива и иногда сужается от боковых стенок, но прикрепляется к поперечным стенкам, и это помогает обнаружить ситовые трубки ([рис. 59.](#)) Зернистый вид, который имеют эти пластины, обусловлен мельчайшими отверстиями в стенке, так что между ячейками существует сообщение. Поэтому сформированные таким образом трубки называются решетчатыми, и они проходят через трубку на большие расстояния, так что имеется сообщение по всей длине стержня. (Предполагается, что сито-трубки предназначены для транспортировки веществ, содержащихся в листьях, вниз.)

106. Если мы подобным образом срежем стебель подсолнечника, то увидим похожие пучки, но их количество больше восьми. У садового бальзамина их количество составляет от четырех до шести на обычном стебле диаметром 3-4мм. Здесь мы можем довольно хорошо видеть происхождение сосудистого пучка. Между более крупными пучками, особенно на свободных участках стеблей, через которые за счет транспирации поднимался окрашенный раствор, как в наших предыдущих экспериментах, мы можем видеть небольшие группы мельчайших клеток в камбиальном кольце, которые окрашены. Эти группы клеток, образующие нити, проходящие через стебель, являются *прокамбиевыми нитями*. Клетки делятся и увеличиваются точно так же, как клетки камбия, а более старые, отброшенные с обеих сторон, изменяются: те, что ближе к центру стебля, превращаются в древесные сосуды и волокна, а те, что с внешней стороны, - в лубяные клетки и ситовые трубки.

107. Сосудисто-волоконистые пучки в индийской кукурузе.— Теперь нам следует сделать тонкий надрез части центра стебля индийской кукурузы, чтобы сравнить структуру пучка с таковой у растений, которые мы только что исследовали. На [рис. 60](#) представлен сосудисто-волоконистый пучок стебля индийской кукурузы. Крупные клетки относятся к спиральным, сетчатым и кольцевидным сосудам. Это древесная часть пучка, или ксилема. Напротив нее находится лубяная часть, или флоэма, отмеченная более светлой тканью на *i*. Более крупные из этих ячеек представляют собой решетчатые трубки, а между ними расположены ячейки меньшего размера с тонкими стенками. Весь пучок окружен небольшими ячейками с толстыми стенками. Они удлинённые, и их сужающиеся концы перекрываются. Таким образом, они тонкие и длинные и образуют волокна. В таком пучке весь камбий перешел в постоянную ткань и считается закрытым.

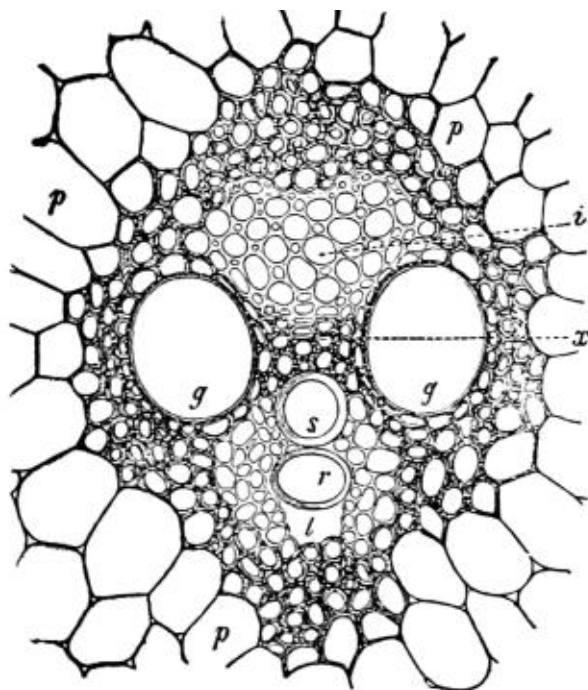


Рис. 60.

Рассечение сосудисто-волокнистого пучка индийской кукурузы. *a*, к периферии стебля; *g*, крупные сосуды с косточками; *s*, спиральный сосуд; *r*, кольцевой сосуд; *l*, воздушная полость, образованная разрывом клеток; *i*, мягкая мочалка, форма сетчатой ткани; *p*, тонкостенная паренхима. (Сакс.)

108. Подъем воды в сосудах.—Во время движения воды или питательных растворов вверх по стеблю сосуды древесной части пучка у некоторых растений почти или полностью заполняются, если корневое давление активно и транспирация не очень быстрая. Однако, если в засушливые дни транспирация превышает корневое давление, как это часто бывает, сосуды не заполняются водой, а частично заполняются определенными газами, потому что воздух или другие газы в растении становятся разреженными в результате чрезмерной потери воды. Затем в сосудах образуются последовательные ряды пузырьков воздуха или газа, разделенных пленками воды, которые также покрывают стенки сосудов. Состояние сосуда очень похоже на состояние стеклянной трубки, через которую можно пропускать “пену”, образующуюся на поверхности мыльной воды. Это образует цепочку пузырьков в сосудах. Эта цепочка была названа цепью Джамина в честь первооткрывателя.

109. Почему вода или пищевые растворы могут подниматься растением на высоту, достигаемую некоторыми деревьями, так и не было удовлетворительно объяснено. Выдвинуто несколько теорий, которые здесь обсуждать нельзя. Вероятно, это очень сложный процесс. Давление корней и транспирация играют определенную роль или, по крайней мере, можно показать, как мы видели, что они способны поднимать воду на значительную высоту. В дополнение к этому стенки сосудов поглощают воду путем диффузии, а в других элементах пучка также играет роль капиллярность, а также осмос.

См. Организацию тканей, [глава 38](#).

110. Сокодвижение весной.—Причина обескровливания деревьев и сокодвижения весной мало изучена. Одним из примечательных примеров является сокодвижение кленовых деревьев. Оно начинается ранней весной и прекращается по мере распускания почек и, по-видимому, вызвано чередованием высоких и низких температур дня и ночи. Было обнаружено, что давление внутри дерева в это время значительно возрастает в течение дня, когда температура повышается после холодной ночи. Это привело к

убеждению, что давление вызвано расширением газов в сосудистых протоках. Прогрев сучьев и ветвей дерева происходил бы быстро в течение дня, в то время как внутренняя часть ствола пострадала бы лишь незначительно. Тогда давление заставляло бы сок стекать вниз в течение дня, а ночью, когда ветви остывали, сок снова вытекал бы из корней и ствола.

Недавние эксперименты Джонса *и др.* покажите, что, хотя часть давления обусловлена расширением газа в дереве при повышении температуры, это не может объяснить огромные давления, которые часто присутствуют, например, когда после повышения температуры на 2 ° C произошло увеличение на 20 фунтов. давление.

С другой стороны, после прекращения стока в конце весны часто наблюдаются столь же большие различия между ночными и дневными температурами. Следовательно, представляется разумным заключить, что расширение газов при повышении температуры не является прямой причиной.

Деятельность клеток.—Некоторыми было высказано предположение, что повышение температуры оказывает влияние на протопласты, или живые клетки, так что они стимулируются к особой активности, приводящей к давлению экссудации из отдельных клеток, что, как известно, имеет место. С понижением температуры ночью эта активность прекратится, и это может привести к снижению давления в клетках. Поскольку известно, что специфическая активность клеток различается у разных растений и у одного и того же растения в разное время года, эта теория получила некоторую поддержку, хотя обычно считается, что активность живых клеток в стеблях не является необходимой для восходящего потока воды. Однако следует признать, что в настоящее время мы очень мало знаем об этой интересной проблеме.

ГЛАВА VI. МЕХАНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ.

111. Набухлость частей растения.—Как мы убедились в экспериментах на листьях, набухание клеток является одним из условий, которое позволяет листьям выделяться из стебля, а пластинке листьев оставаться в развернутом положении, так что они лучше подвергаются воздействию света и воздушных потоков. Если бы не эта набухлость, листья свисали бы вплотную к стеблю.



Рис. 61.
Восстановление упругости (по Саксу).

112. Восстановление упругости побегов.—Если мы срежем живой стебель герани, колеуса, помидора или "бальзамина" и дадим листьям частично увянуть, чтобы побег потерял свою упругость, то этот побег может восстановить свою упругость. Кончик можно снова свежесрезать, поместить в сосуд с водой, накрыть колпаком и хранить в помещении, где температура подходит для роста растения. Побег обычно снова становится набухшим из-за воды, которая впитывается через срезанный конец стебля и переносится в листья, где отдельные клетки становятся набухшими, и листья снова распускаются. Такие побеги, а также срезанные листья часто можно снова сделать набухшими, просто погрузив их в воду, как показал один из экспериментов с солевым раствором.

113. Набухаемость частично увядшего побега может быть восстановлена более определенно и быстро другим способом. Обрезанный конец побега можно вставить в U-образную трубку, как показано на [рис. 61](#), при этом конец трубки вокруг стебля растения должен быть герметичным. Рукав трубки, в который вставляется стержень, заполняется водой, и воде дают частично заполнить другой рукав. Затем в этот другой рукав наливают ртуть. Большой вес ртути оказывает такое давление на воду, что она выталкивается в стебель, где проходит вверх по сосудам в стеблях и листьях и быстрее и надежнее доставляется к клеткам, которые содержат протоплазму и клеточный сок, так что набухание достигается быстрее и надежнее.

114. Напряжение тканей.—Помимо набухания клеток листьев и побегов, существует определенное напряжение тканей, без которого некоторые нежные и сочные побеги и т.д. Были бы вялыми и поникли. Существует ряд обычно доступных растений, некоторые в одно

время года, а некоторые в другое, которые могут быть использованы для иллюстрации натяжения тканей.

115. Продольное натяжение ткани.—Для этого в начале лета можно использовать молодые и сочные побеги бузины (*sambucus*); или черешки ревеня летом и ранней осенью; или черешки ричардии. Черешки каладиума отлично подходят для этой цели, их можно выращивать в теплицах практически в любое время года, и поэтому они особенно полезны для работы поздней осенью или зимой. Натяжение настолько сильное, что для демонстрации этого достаточно части такого черешка длиной 10-15см. Когда мы хватаемся за нижний конец черешка каладиума, или листа ревеня, мы замечаем, насколько он жесткий и насколько хорошо поддерживает тяжелую расширенную пластинку листа.

116. Концы части такого черешка или другого предмета, который может быть использован, обрезают прямо. Ножом с одной стороны снимается полоска толщиной 2-3мм на всю длину предмета. Эта полоска, которую мы теперь обнаруживаем, короче, чем большая часть, с которой она была удалена. Затем внешняя ткань оказывает натяжение на черешок, что приводит к его укорачиванию. Давайте удалим еще одну полоску, лежащую рядом с этой, и еще одну, и так далее, пока внешние ткани не останутся только с одной стороны. Теперь объект будет сгибаться в эту сторону. Теперь снимите эту полоску и сравните длину удаленных полосок с центральной частью. Мы обнаруживаем, что теперь они намного короче. Другими словами, существует также напряжение в ткани центральной части черешка, направление которого противоположно направлению поверхностной ткани. Части черешка теперь не жесткие и легко сгибаются. Таким образом, эти два продольных натяжения ткани, действующие противоположно друг другу, придают жесткость сочному побегу. Только когда отдельные клетки таких побегов или черешков набухают, это напряжение тканей в суккулентных побегах проявляется или становится заметным.

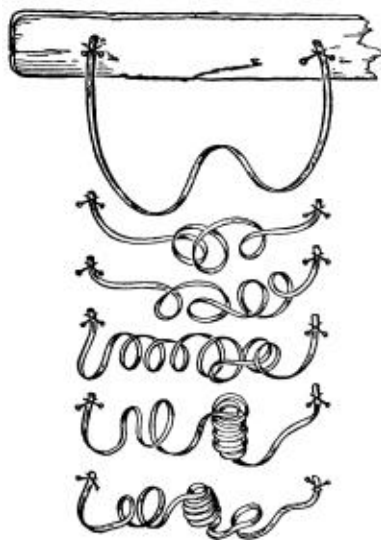


Рис. 62.

Полоска от стебля одуванчика, имитирующая усик растения.

117. Чтобы продемонстрировать эффективность этого натяжения в обеспечении поддержки, давайте возьмем длинный черешок каладиума или ревеня. Держите его за один конец в горизонтальном положении. Он твердый и ригидный, не свисает или совсем немного. Удалите всю внешнюю часть салфеток, как описано выше, оставив только

центральную часть. Теперь попытайтесь удержать его в горизонтальном положении за один конец. Он дряблый и свисает вниз, потому что снято продольное натяжение.

118. Продольное натяжение стеблей одуванчика.—Возьмите длинные и свежие стебли одуванчика. Разделите их. Обратите внимание, что они скручиваются. Продольное натяжение очень велико. Поместите несколько таких полосок в пресную воду. Они сворачиваются в плотные завитки, потому что из-за поглощения клетками воды набухание отдельных клеток увеличивается, и это увеличивает натяжение стебля. Теперь опустите их в соленую воду (5-процентный раствор). Почему они раскручиваются?

119. Имитировать скручивание усика.—Вырежьте узкую полоску из длинного стебля одуванчика. Прикрепите к куску мягкого дерева так, чтобы концы были плотно прижаты друг к другу, как показано на [рис. 62](#). Теперь поместите его в свежую воду и наблюдайте, как он сворачивается в спираль. Часть его сворачивается в одну сторону, часть - в другую, точно так же, как это делает усик после того, как свободный конец зацепился за какое-нибудь место для опоры.

120. Поперечное натяжение тканей.—Чтобы проиллюстрировать это, можно взять побег ивы диаметром 3-5 см и отпилить срезы длиной около 2 см. Разрежьте кору с одной стороны и очистите ее одной полосой. Теперь попробуйте заменить ее. Кора не покрывает древесину полностью, так как концы не будут соприкасаться. Затем он, должно быть, удерживался в поперечном натяжении древесной частью побега.

ГЛАВА VII. ОБРАЗОВАНИЕ КРАХМАЛА И САХАРА.

1. Соответствующие газы.

121. Газ, выделяемый зелеными растениями на солнечном свете.— Давайте возьмем немного зеленых водорослей, таких как спирогира, которые находятся в свежем виде, и поместим одну порцию в мензурку или высокий стеклянный сосуд с водой и поставим это под прямые солнечные лучи или в хорошо освещенное место. Одновременно накройте аналогичный сосуд со спирогирой черной тканью, чтобы он находился в темноте или, по крайней мере, при очень слабом освещении.



Рис. 63.

Газообразный кислород, выделяемый спирогирой.

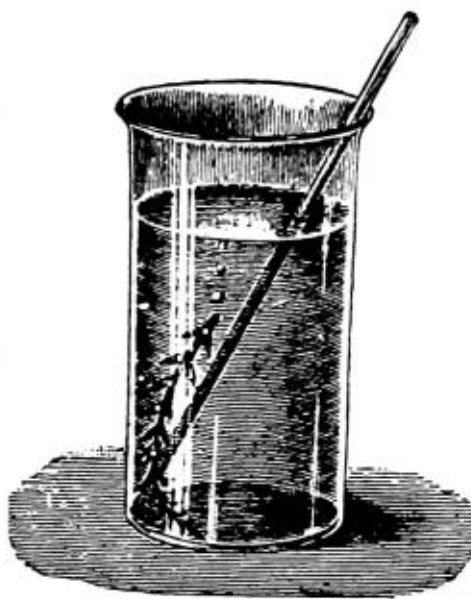


Рис. 64.

Пузырьки газообразного кислорода, выделяющиеся из элодеи в присутствии солнечного света. (Элс.)

122. Через короткое время мы замечаем, что в первом сосуде на поверхности нитей спирогиры скапливаются маленькие пузырьки газа, и время от времени некоторые из них освобождаются и поднимаются к поверхности воды. Там, где нити сильно спутаны, газ склонен задерживаться в более крупных пузырьках, которые при встряхивании сосуда высвобождаются.

Если мы теперь осмотрим второй сосуд, то увидим, что там нет пузырьков, или их очень мало. Таким образом, мы склоняемся к мысли, что солнечный свет имеет какое-то отношение к высвобождению этого газа из растения.

123. Теперь мы можем взять другую водорослеподобную водоросль *vaucheria* и провести эксперимент таким же образом, или для экономии времени можно провести два эксперимента одновременно. Фактически, если мы возьмем любую из зеленых водорослей и обработаем их, как описано выше, газ будет выделяться аналогичным образом.

124. Теперь мы можем взять одно из высших зеленых растений, водное растение, такое как элодея, каллитриха и др. Поместите растение в воду срезанным концом стебля вверх, но все еще погруженным, придавив растение стеклянной палочкой или другим подходящим предметом. Если мы поставим сосуд с водой, содержащий эти покрытые листьями стебли, на яркий солнечный свет, то через короткое время пузырьки газа довольно быстро выйдут из срезанного конца стебля. Если в тот же сосуд мы поместим другой стебель, с которого были срезаны листья, количество выделяющихся пузырьков газа будет очень небольшим. Это указывает на то, что большая часть газа выделяется листьями.

125. Другой сосуд, оборудованный таким же образом, следует поместить в темное место или затенить, накрыв ящиком или черной тканью. Здесь, как и в случае со спирогирой, будет видно, что на свободу выйдет очень мало пузырьков газа или их вообще не будет. Солнечный свет здесь также необходим для быстрого выхода газа.

126. Мы можем легко сравнить скорость, с которой свет различной интенсивности высвобождает этот газ. После обрезки конца ножки окунем срезанную поверхность несколько раз в расплавленный парафин или нанесем на срезанную поверхность слой лака. Затем проколите иглой небольшое отверстие в парафине или лаке. Погрузите растение в воду и поставьте на солнечный свет, как раньше. Теперь газ выходит из прокола через покрытие срезанного конца, и количество пузырьков, выделившихся за определенный период, можно определить путем подсчета. Если мы продублируем этот эксперимент, поместив одно растение в условиях слабого освещения или рассеянного солнечного света, а другое - в тени, мы сможем легко сравнить скорость выделения газа в различных условиях, которые представляют собой различную интенсивность освещения. Таким образом, мы видим, что для высвобождения этого газа необходим не только солнечный свет, но и то, что при рассеянном свете или в тени активность растения в этом отношении меньше, чем при прямом солнечном свете.

127. Что это за газ.—Если мы возьмем достаточное количество растений элодеи и поместим их под перевернутую воронку, погруженную в воду, газ будет выделяться в довольно больших количествах и поднимется в узкий выход воронки. Воронка должна быть с короткой трубкой или сосуд должен быть достаточно глубоким, чтобы небольшая пробирка, наполненная водой, могла в этом состоянии быть перевернута над отверстием воронки. При такой организации эксперимента газ поднимется в перевернутой пробирке, медленно вытеснит часть воды и соберется в количестве, достаточном для проведения теста. Когда в пробирке накопится значительное количество газа, мы можем большим пальцем закрыть конец пробирки в воде, поднять ее из воды и перевернуть. Газ поднимется

к большому пальцу. Затем следует поджечь сухую сосновую щепку, и после того, как она немного прогорит, погасите пламя, подув на нее, при этом все еще горящий конец щепки следует поднести к горловине трубки, быстро отводя большой палец в сторону. Свечение осколка показывает, что газ - это *кислород*.

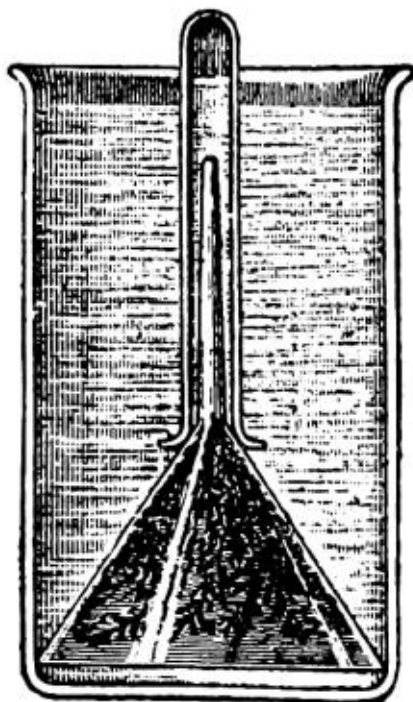


Рис. 65.

Устройство для сбора количества кислорода из злодеи. (Определение.)

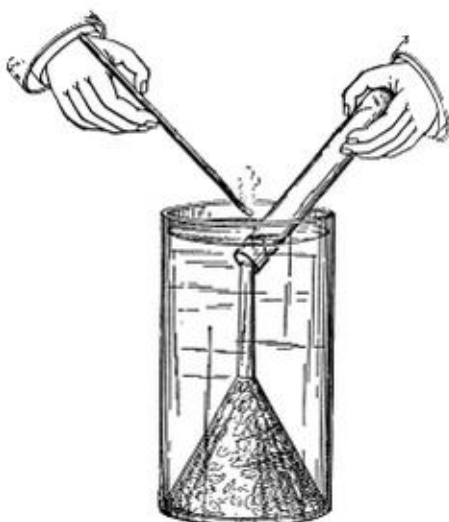


Рис. 66.

Готовы посмотреть, что это за газ.

128. Лучше дать аппарату постоять несколько дней на солнечном свете, чтобы набрать полную пробирку газа. Или в солнечный день в воду в банке можно направить углекислый

газ из генератора, такого же, который используется для выделения CO_2 . CO_2 может образовываться при воздействии соляной кислоты на кусочки мрамора. CO_2 не следует сливать под воронку. Пробирка должна быть закреплена таким образом, чтобы легкий газообразный кислород не поднимал ее над воронкой. Когда трубка заполнена газом, тест на кислород можно провести, подняв трубку одной рукой и быстро просунув внутрь раскаленный конец осколка другой рукой. При правильном обращении щепка снова вспыхнет. Если необходимо выдержать прибор более одного дня, то вместо большей части воды в банке хорошо бы добавить свежей воды. Не используйте в этом эксперименте листья наземных растений, поскольку пузырьки, поднимающиеся при опускании этих листьев в воду, не являются доказательством того, что этот процесс имеет место.

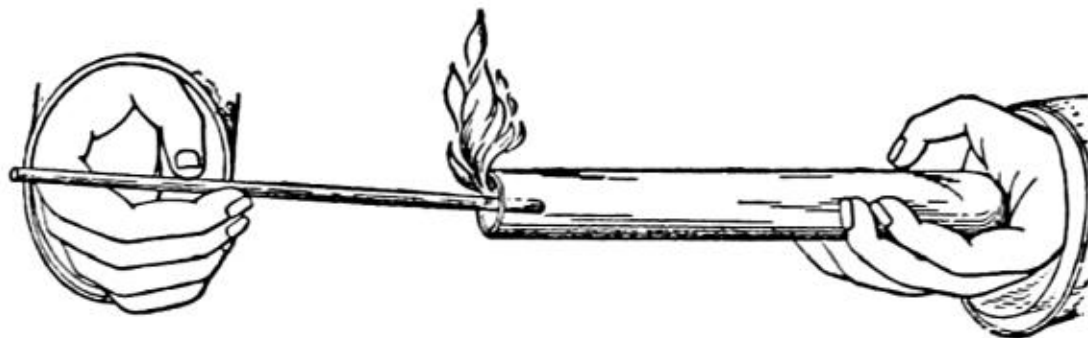


Рис. 67.

Осколок снова загорается в присутствии газообразного кислорода.

129. Кислород также выделяется зелеными наземными растениями.—Если мы расширим наши эксперименты на наземные растения, мы обнаружим, что кислород выделяется ими при данных условиях освещенности. Наземные растения, однако, не будут делать этого, когда их погрузят в воду, но необходимо установить довольно сложную аппаратуру и провести анализ газов в начале и в конце экспериментов. Однако это было сделано в достаточно большом количестве случаев, так что мы знаем, что все зеленые растения на солнечном свете, при благоприятных температурных и других условиях, выделяют кислород.

130. Поглощение углекислого газа.— Теперь нам нужно выяснить, откуда берется кислород, который выделяется зелеными растениями под воздействием солнечного света, а также узнать кое-что еще об условиях, необходимых для этого процесса. Мы знаем, что вода, которая в течение некоторого времени находилась под воздействием воздуха и почвы и была взбаламучена, подобно проточной воде ручьев или родниковых источников, смешала с собой значительное количество кислорода и углекислого газа.

Если мы кипятим родниковую воду или воду из гидранта, поступающую из ручья, содержащего кислород и углекислый газ, в течение примерно 20 минут, эти газы удаляются. Мы должны отложить это в сторону, где оно не будет перемешиваться, до тех пор, пока оно не остынет достаточно, чтобы растения не пострадали. Давайте теперь поместим немного спирогиры, или вохерии, и элодеи, или другого зеленого водного растения, в эту кипяченую воду и поставим сосуд на яркий солнечный свет в тех же условиях, которые использовались в экспериментах по выделению кислорода. Кислород при этом не выделяется.

Может ли быть, что это связано с тем, что кислород был вытеснен из воды при кипячении? Посмотрим. Давайте возьмем сосуд с водой или какой-нибудь другой кипяченой водой и взболтаем его так, чтобы воздух был тщательно перемешан с ним. Таким образом, кислород снова смешивается с водой. Теперь снова поместите растение в воду, выставьте на солнечный свет и через несколько минут наблюдайте результат. Кислород не выделяется

или выделяется очень мало. Тогда должно быть какое-то другое необходимое условие для выделения кислорода.

132. В растениях происходит обмен газами.— Теперь мы снова добавим в воду углекислый газ. Этого можно добиться, выпустив CO_2 из газогенератора в воду. В генератор помещают осколки мрамора, воздействуют на них соляной кислотой, а газ пропускают по стеклянной трубке. Теперь, если мы поместим растение в воду и выставим сосуд на солнечный свет, через несколько минут кислород будет быстро выделяться.

133. Химическое изменение газа происходит внутри растительной клетки.—Это наводит нас на мысль, что CO_2 каким-то образом необходим растению в этом процессе. Поскольку выделяется кислород, в то время как необходим углекислый газ, другой газ, то, по-видимому, в газах внутри установки происходят химические изменения. Поскольку этот процесс происходит как у таких простых растений, как спирогира, так и у более крупных и высших растений, представляется, что изменения происходят внутри клетки, фактически в протоплазме.

134. Газы, так же как и вода, могут диффундировать через протоплазматическую мембрану.Затем углекислый газ поглощается растением, в то время как кислород выделяется. Таким образом, мы видим, что при определенных условиях газы, так же как и вода, могут диффундировать через протоплазматическую мембрану растений.

2. Где образуется крахмал.

С помощью этих простых экспериментов мы обнаружили, что в протоплазме зеленых клеток растений происходят некоторые химические изменения во время поглощения углекислого газа и выделения кислорода. Мы должны исследовать некоторые зеленые части растений, использованных в экспериментах, или, если их нет под рукой, мы должны подготовить другие для проведения этого исследования.

135. Крахмал, образующийся в результате этого процесса.—Мы можем взять спирогиру, которая несколько часов простояла в воде под ярким солнечным светом. Несколько нитей следует ненадолго поместить в спирт, чтобы убить протоплазму. Из спирта переносим нити в раствор йода в йодистом калии. Мы обнаруживаем, что в определенных точках полосы хлорофилла колыцу или сфере, окружающей пиреноид, дается голубоватый оттенок, или цвет. В нашем первом исследовании клетки спирогиры мы отметили, что эта сфера состоит из множества мелких зерен крахмала, которые окружают пиреноид.

136. Йод, используемый в качестве теста на крахмал.—Эта цветовая реакция, которую мы получили при обработке нитей йодом, является хорошо известной реакцией, или тестом, на крахмал. Таким образом, мы продемонстрировали, что крахмал присутствует в нитях спирогиры, которые выдерживались на солнечном свете со свободным доступом к углекислому газу.

Если мы исследуем таким же образом некоторые нити, которые простояли в темноте несколько дней, мы не получим никакой реакции на крахмал или, в лучшем случае, лишь незначительную реакцию. Это дает нам некоторые доказательства того, что во время этого процесса действительно происходят химические изменения (поглощение CO_2 и выделение кислорода), и что крахмал является продуктом этого химического изменения.

137. Метод тестирования Шимпера на наличие крахмала.—Еще одним удобным и быстрым методом тестирования на наличие крахмала является так называемый метод Шимпера. Крепкий раствор хлоралгидрата получают, беря 8 граммов хлоралгидрата на

каждые 5 куб. см воды. К этому раствору добавляют немного спиртовой настойки йода. Нити спирогиры можно поместить непосредственно в этот раствор, а через несколько мгновений поместить в воду на предметное стекло и рассмотреть под микроскопом. Реакция сильная и легко заметная.

Нам следует также осмотреть листья элодеи, или одного из высших зеленых растений, которое некоторое время находилось на солнце. Здесь мы можем воспользоваться методом Шимпера, поместив листья непосредственно в раствор хлоралгидрата и йода. Хлоралгидрат делает листья прозрачными, так что легко обнаруживается реакция крахмала с йодом.

Ниже приведен удобный и безопасный метод извлечения хлорофилла из листьев. Наполните большую кастрюлю, предпочтительно таз для мытья посуды, наполовину горячей водой. Его можно поддерживать горячим на небольшом огне. Над водой плавают испарительная емкость, частично заполненная спиртом. Листья следует сначала погрузить на несколько минут в горячую воду, затем поместить в спирт, который быстро удалит хлорофилл. Теперь погрузите листья в раствор йода.



Рис. 68.

Лист колеуса с зелеными и белыми участками до обработки йодом.



Рис. 69.

Аналогичный лист, обработанный йодом, реакция крахмала показывает только то место, где лист был зеленым.

138. Зеленые части растений при воздействии света образуют крахмал. Таким образом, мы обнаруживаем, что в случае всех исследованных нами зеленых растений крахмал присутствует в зеленых клетках тех, которые некоторое время находились на солнечном свете, где может продолжаться процесс поглощения CO_2 и выделения кислорода, и что в случае растений, выращенных в темноте, или в листьях растений, которые некоторое время находились в темноте, крахмал отсутствует. Исходя из этого, мы делаем вывод, что крахмал является продуктом химических изменений, которые происходят в зеленых клетках при этих условиях. CO_2 , который поглощается растением, смешивается с водой (H_2O) в клетке и немедленно образует углекислоту. Хлорофилл в листьях поглощает солнечную энергию, которая расщепляет углекислоту, и затем ее элементы соединяются в более сложное соединение - крахмал. Этот процесс соединения элементов органического соединения является *синтезом*, или *синтетической ассимиляцией*, поскольку он осуществляется живым растением. Таким образом, это синтетическая ассимиляция углекислого газа. Поскольку солнечный свет поставляет энергию, это также называется *фотосинтезом*, или *фотосинтетической ассимиляцией*. Мы также можем сказать "ассимиляция диоксида углерода" или "ассимиляция CO_2 " ([см. параграф об ассимиляции в конце главы 10](#)).

139. Крахмал образуется только в зеленых частях пестрых листьев.—Если мы проверим наличие крахмала в пестрых листьях, таких как листья растения колеус, мы получим интересную демонстрацию того факта, что зеленые части растений образуют только крахмал. Мы можем взять лист, частично зеленый, частично белый, с растения, которое некоторое время стояло на ярком свете. [На рис. 68](#) изображен такой лист. Сначала мы должны прокипятить его в спирте, чтобы удалить зеленый цвет. Теперь погрузите его на короткое время в раствор йодистого калия. Части, которые раньше были зелеными, теперь стали темно-синими или почти черными, что указывает на присутствие крахмала в этих частях листа, в то время как белая часть листа все еще не окрашена. Это хорошо показано на [рис. 69](#), который взят с фотографии другого листа колеуса, обработанного раствором йода.

3. Хлорофилл и образование крахмала.

140. В наших экспериментах по изучению поглощения углекислого газа и выделения кислорода с сопутствующим образованием крахмала мы использовали зеленые растения.

141. Грибы не способны образовывать крахмал.—Если бы мы расширили наши эксперименты на грибы, которым не хватает зеленого цвета, столь характерного для большинства растений, мы бы обнаружили, что фотосинтез не происходит, даже если растения подвергаются воздействию прямых солнечных лучей. В таком случае эти растения не могут образовывать крахмал, но получают углеводы в пищу из других источников.

142. Фотосинтез не может происходить в этиолированных растениях.—Более того, фотосинтез обычно происходит только в зеленых растениях, и если каким-либо образом одно из обычных зеленых растений теряет свой зеленый цвет, этот процесс не может происходить в этом растении, даже если оно вынесено на солнечный свет, до тех пор, пока зеленый цвет не появится под воздействием света.

Это можно очень легко продемонстрировать, выращивая рассаду фасоли, кабачков, кукурузы, гороха и т.д. (саженцы сосны остаются зелеными даже при выращивании в темноте), в темной комнате или в каком-либо затемненном приемнике, который не пропускает лучи света. В комнате или приемнике должно быть достаточно темно. По мере того, как проростки “взойдут”, и пока они остаются в темной камере, они будут иметь какой-то другой цвет, кроме зеленого; обычно они несколько пожелтели. Говорят, что такие растения *этиолированные*. Если их сейчас на несколько часов выставить на солнечный свет, а затем проверить на наличие крахмала, результат будет отрицательным. Но если растение оставить на свету, через несколько дней листья начинают приобретать зеленый цвет, и тогда мы обнаруживаем, что начинается усвоение углекислого газа.

143. Хлорофилл и хлоропласты.— Таким образом, зеленое вещество в растениях является одним из важных факторов в этом сложном процессе образования крахмала. Это зеленое вещество - *хлорофилл*, и обычно оно содержится в определенных телах, хлорофилловых телах или *хлоропластах*.

Материал для нового роста растений, выращиваемых в темноте, получают из семян. Растения, выращенные в темноте, состоят в основном из воды и протоплазмы, стенки которых очень тонкие.

144. Форма хлорофилловых телец.—Хлорофилловые тела различаются по форме у некоторых разных растений, особенно у некоторых низших растений. Это мы уже видели на примере спирогиры, где хлорофилловое тело имеет форму очень неправильной полосы, которая спиралевидно огибает внутреннюю сторону клеточной стенки. У зигнемы, родственницы спирогиры, хлорофилловые тельца имеют звездчатую форму. У десмид форма сильно варьируется. У *ædogonium*, другой нитевидной водоросли, показанной на [рис. 144](#), тельца хлорофилла представляют собой более или менее уплощенные овальные диски. У *vaucheria*, также разветвленной нитевидной водоросли, показанной на [рис. 138](#), хлорофилловые тельца имеют овальную форму. Эти два растения, *ædogonium* и *vaucheria*, следует рассмотреть здесь, если возможно, чтобы ознакомиться с их формой, поскольку они будут изучены позже в разделе морфология (см. Главы о [ædogonium](#) and [vaucheria](#)). Форма хлорофиллового тела, обнаруженная у *ædogonium* и *vaucheria*, является общей для многих зеленых водорослей, а также встречается у мхов, печеночников, папоротников и высших растений. Это более или менее округлое, овальное, приплюснутое тело.

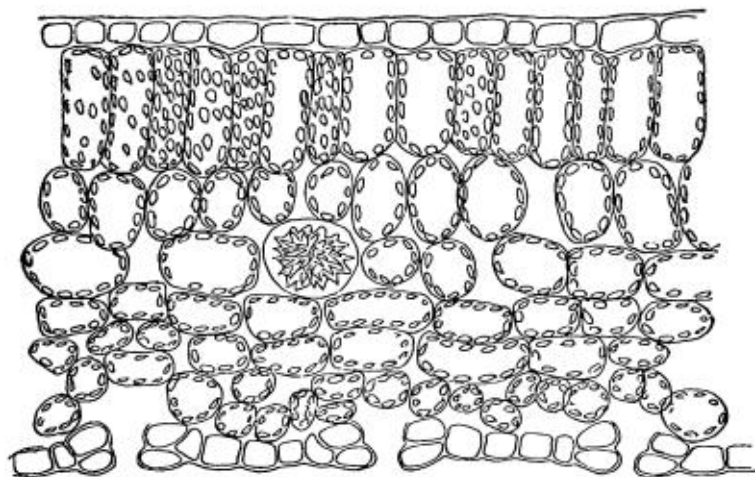


Рис. 69а.

Разрез листа плюща, сверху частоклеток, рыхлая паренхима, с большими межклеточными пространствами в центре. Эпидермальные клетки по обоим краям без телец хлорофилла.

145. Хлорофилл - это пигмент, который находится в хлоропласте.—То, что хлорофилл является красящим веществом, которое находится в хлоропластиде и не образует само тело, может быть продемонстрировано растворением хлорофилла, когда становится очевидным каркас хлоропластида. Зеленые части растений, которые были помещены на некоторое время в спирт, теряют свой зеленый цвет. Спирт при этом приобретает зеленый оттенок. При разрезании такой растительной ткани мы обнаруживаем, что хлорофилловые тельца, или хлоропластиды, как их правильнее называть, все еще целы, хотя зеленый цвет отсутствует. Из этого мы знаем, что хлорофилл - это вещество, отличное от хлоропластида.

146. Хлорофилл поглощает энергию солнечного света для фотосинтеза.— Методом анализа с помощью спектроскопа было обнаружено, что хлорофилл поглощает определенные лучи солнечного света. Энергия, получаемая таким образом от солнца, называемая *кинетической* энергией, воздействует на молекулы Ch_2O_3 , разделяя их на молекулы C, H и O. (Когда CO_2 из воздуха попадает в растительную клетку, он немедленно соединяется с частью воды, образуя углекислоту = ch_2O_3 .) После ряда сложных химических изменений в результате соединения углерода, кислорода и водорода образуется крахмал. В этом процессе восстановления Ch_2O_3 и образования крахмала возникает избыток кислорода, который объясняет выделение кислорода во время процесса.

147. Лучи света, участвующие в фотосинтезе.— Если приготовить раствор хлорофилла, пропустить через него свет и исследовать этот свет с помощью спектроскопа, то появляются так называемые полосы поглощения. Это темные полосы, которые лежат поперек определенных участков спектра. Эти полосы находятся в красном, оранжевом, желтом, зеленом, синем и фиолетовом цветах, но полосы сильнее в красном, что показывает, что хлорофилл поглощает больше красных лучей света, чем других лучей. Это лучи с низкой преломляемостью. Кинетическая энергия, получаемая в результате поглощения этих лучей света, преобразуется в потенциальную энергию. То есть молекула Ch_2O_3 расщепляется, а затем путем различного сочетания определенных элементов образуется крахмал.^[8]

148. Зерна крахмала, образующиеся в хлоропластах.—В процессе фотосинтеза образующийся крахмал обычно откладывается в виде мелких зерен внутри зеленого хлоропласта листа. Мы можем легко убедиться в этом, исследуя листья некоторых мохообразных грибов, побывавших на свету, или хлоропласты проталлиев папоротников и

т.д. Зерна крахмала также могут образовываться в хлоропластах из крахмала, который образовался в какой-либо другой части растения, но перешел в раствор. Таким образом, хлоропласт выполняет двойную функцию: фотосинтез и образование зерен крахмала.

149. При перемещении крахмала, когда он накапливается в различных частях растения, он переходит из состояния раствора в зерна крахмала в соединении с пластидами, подобными хлоропластам, но которые не являются зелеными. Зеленые иногда называют *хлоропластами*, в то время как бесцветные называются *лейкопластами*, а те, которые обладают другими цветами, такими как красный и желтый, в цветочных листьях, корне моркови и т.д., Называются *хромопластами*.

150. Фотосинтез у других растений, кроме зеленых.—Хотя углеводы обычно образуются только зелеными растениями, есть некоторые исключения. Очевидные исключения встречаются в сине-зеленых водорослях, таких как *oscillatoria*, *nostoc*, или в бурых и красных морских водорослях, таких как *fucus*, *rhodospira* и др. Эти растения, однако, обладают хлорофиллом, но он замаскирован другим пигментом или цветом. Однако есть растения, у которых нет хлорофилла, но которые, тем не менее, образуют углеводы с выделением кислорода в присутствии света, как, например, фиолетовая бактерия, у которой фиолетовое красящее вещество поглощает свет, хотя лучи, поглощаемые наиболее энергично, не являются красными.

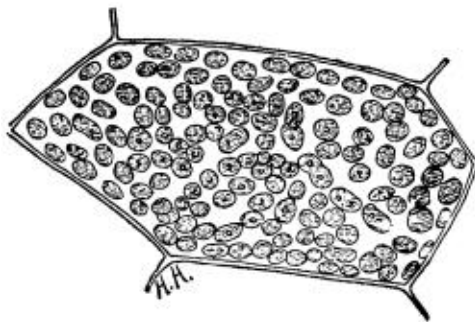


Рис. 70.

Ячейка, облученная слабым рассеянным светом, демонстрирует тельца хлорофилла вдоль горизонтальных стенок.

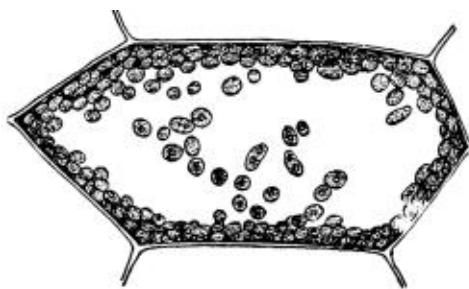


Рис. 71.

Та же клетка, подвергнутая воздействию сильного света, показывает, что тельца хлорофилла переместились на перпендикулярные стенки.

Рис. 70, 71.—Ячейка проталлия папоротника.

151. Влияние света на движение хлорофилловых телец.—В папоротниковой проталлии.—Если мы поместим проталлии папоротника на несколько часов при слабом освещении, а затем исследуем их под микроскопом, мы обнаружим, что большая часть хлорофилловых телец в клетках расположена вдоль внутренней поверхности

горизонтальной стенки. Если теперь те же самые проталлии поместить на короткое время в ярко освещенное место, то большая часть хлорофилловых телец переместится так, что они будут расположены вдоль поверхностей перпендикулярных стенок, и вместо того, чтобы выставлять уплощенные поверхности свету, как в первом случае, края хлорофилловых телец теперь повернуты к свету. (См. рис. [70](#), [71](#).) То же самое явление наблюдалось у многих растений. Таким образом, свет оказывает влияние на хлорофилловые тельца, в некоторой степени определяя их положение. При слабом освещении они расположены так, что уплощенные поверхности подвергаются воздействию падающих лучей света, так что хлорофилл будет поглощать как можно большее количество кинетической энергии; но интенсивный свет сильнее необходимого, и тельца хлорофилла движутся так, что их края подвергаются воздействию падающих лучей. Это движение хлорофилловых телец отличается от того, которое имеет место у некоторых водных растений, таких как элодея. Хлорофилловые тельца элодеи свободны в протоплазме. Протоплазма в клетках элодеи циркулирует внутри клеточной стенки так же, как и у нителлы, и хлорофилловые тельца переносятся потоками, в то время как у нителлы они неподвижны.

ГЛАВА VIII.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРАХМАЛА И САХАРА ЗАВЕРШЕНО. АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНОЙ СУБСТАНЦИИ.

1. Перемещение крахмала.

152. Транслокация крахмала.—Было обнаружено, что листья многих растений, выращенных на солнечном свете, содержат крахмал при исследовании после пребывания на солнечном свете в течение нескольких часов. Но когда растения оставляют в темноте на день или два, листья не содержат крахмала или его гораздо меньше. Это говорит о том, что крахмал после его образования может быть перенесен с листьев или из тех участков листьев, где он образовался.



Рис. 72.

Лист тропеолума, часть которого закрыта пробками для предотвращения образования крахмала. (Вслед за Детмером.)

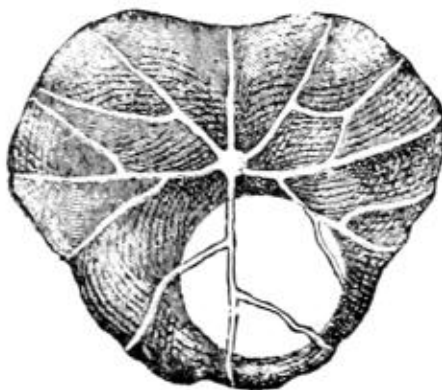


Рис. 73.

Лист тропеолума, обработанный йодом после удаления пробки, чтобы показать, что крахмал удаляется из листа в течение ночи.

Чтобы проверить это, давайте проведем часто проводимый эксперимент. Мы можем взять такое растение, как садовый тропеолум, или клевер, или другое наземное растение, в котором легко проверить наличие крахмала. Прикрепите кусочки круглой пробки размером меньше, чем площадь листа, с обеих сторон листа, как показано на [рис. 72](#), но обеспечьте свободную циркуляцию воздуха между пробкой и нижней стороной листа. Поместите

растение туда, где оно будет находиться на солнце. Во второй половине следующего дня, если светит солнце, проверьте весь лист на наличие крахмала. Часть, закрытая пробкой, не даст реакции на крахмал, о чем свидетельствует отсутствие голубоватого цвета, в то время как на других частях листа это будет заметно. Крахмал, который был в этой части листа накануне, растворили и удалили в течение ночи, а затем в течение следующего дня, когда части были закрыты от света, в них не образовался крахмал.

153. Крахмал содержится не только в листьях, но и в других частях растений.— Мы можем использовать йодный тест для поиска крахмала в других частях растений, помимо листьев. Если мы разрежем клубень картофеля, соскрежем часть поверхности среза в кашицу и проведем йодный тест, мы получим красивую и отчетливую реакцию, свидетельствующую о присутствии крахмала. Теперь мы узнали, что крахмал образуется только в частях, содержащих хлорофилл. Мы также узнали, что крахмал, который образовался в листьях, исчезает с листа или переносится с листа. Таким образом, мы заключаем, что крахмал, который мы обнаружили в клубнях картофеля, сначала образовался в зеленых листьях растения в результате фотосинтеза. Из листьев его переносят в растворе на подземные стебли и хранят в клубнях. Крахмал хранится здесь растением, чтобы обеспечить питание для роста новых растений из клубней, которые, таким образом, гораздо более энергичны, чем были бы растения, выращенные из семян.

154. Форма зерен крахмала.— Там, где крахмал хранится в качестве резервного материала, он содержится в зернах, которые обычно имеют определенные признаки, характерные для вида растения, в котором они произрастают. У многих разных растений они различаются по размеру и, в некоторой степени, по форме. Если мы соскрежем часть срезанной поверхности клубня картофеля в кашицу и разведем небольшое количество в воде или сделаем тонкий срез для микроскопического исследования, мы обнаружим крупные зерна крахмала красивой структуры. Зерна имеют овальную форму и более или менее неправильные очертания. Но поразительной особенностью является наличие того, что кажется чередующимися темными и светлыми линиями в зернах крахмала. Мы отмечаем, что линии образуют неправильные кольца, которые становятся все меньше и меньше, пока мы не дойдем до небольшого центрального пятна, называемого “бугорком” крахмального зерна. Предполагается, что эти видимые линии в зернах крахмала вызваны тем, что крахмальное вещество осаждается чередующимися плотными и разреженными слоями, причем разреженные слои содержат больше воды, чем плотные; другие считают, что последовательные слои от холмика наружу регулярно имеют уменьшающуюся плотность, и что это создает видимость чередующихся линий. Крахмал, образуемый растениями, является одним из органических веществ, которые вырабатываются растениями, и он (или глюкоза) является основой для образования других органических веществ в растениях. Без таких органических веществ зеленые растения не могут обеспечить сколько-нибудь заметного увеличения растительной массы, хотя может иметь место значительное увеличение размеров растения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Органические соединения, образующиеся в результате фотосинтеза, поскольку они образуются в результате соединения углерода, водорода и кислорода таким образом, что водород и кислород обычно присутствуют в той же пропорции, что и в воде, называются *углеводами*. Наиболее распространенными углеводами являются сахара (тростниковый сахар, который содержится, например, в корнеплодах свеклы, сахарном тростнике, сахарном клене и т.д.), крахмал и клетчатка.

155. Vaucheria.— Результат усвоения углекислого газа нитями *Vaucheria* неясен. Крахмал отсутствует или его трудно найти у всех видов, за исключением нескольких, в то время как

масляные шарики присутствуют у большинства видов. Эти масляные шарики сферические, бесцветные, шаровидные и обладают высокой светопреломляющей способностью. Часто можно увидеть маленьких, лежащих на телах хлорофилла. Масло - это *углеводород* (содержащий С, Н и О, но Н и О находятся в пропорциях, отличных от тех, которые содержатся в H_2O), и до недавнего времени предполагалось, что это масло в *Vaucheria* было прямым результатом фотосинтеза. Но масло не исчезает, когда растение долгое время хранится в темноте, что, по-видимому, показывает, что оно не является прямым продуктом ассимиляции углекислого газа, и указывает на то, что оно происходит либо из временного крахмального тела, либо из глюкозы. Шимпер обнаружил глюкозу у нескольких видов *Vaucheria*, а Вальц говорит, что некоторое количество крахмала присутствует у *Vaucheria sericea*, в то время как у *V. tuberosa* крахмал присутствует в изобилии и заменяет масло. Чтобы проверить наличие жировых отложений в Ваучерии, обработайте нити слабой осминовой кислотой или дайте им постоять двадцать четыре часа в растворе Флеминга (который содержит осминовую кислоту). Прикрепите несколько нитей и изучите под микроскопом. Масляные шарики окрашены в черный цвет.

2. Сахар и расщепление крахмала.^[9]

156. Вполне вероятно, что в результате фотосинтеза всегда образуется какая-то форма сахара. Полученный таким образом сахар может храниться как таковой или заменяться на крахмал. В целом можно сказать, что сахар чаще всего встречается в зеленых частях однодольных растений, в то время как крахмал чаще всего встречается в двудольных. Растительные сахара бывают трех основных видов: тростниковый сахар, в изобилии содержащийся в сахарном тростнике, сахарной свекле, сахарном клене и т.д.; глюкоза и фруктовый сахар, содержащиеся в плодах большинства растений и в изобилии в некоторых, например, в яблоках, грушах, винограде и т.д.; и мальтоза, разновидность, образующаяся в прорастающих семенах, например, в ячменном солоде.

157. Тест на сахар.— Можно провести очень красивый эксперимент, взяв две пробирки, поместив в одну раствор коммерческого виноградного сахара (глюкозы), в другую - гранулированного тростникового сахара и добавив в каждую по несколько капель раствора Фелинга.^[10] После того, как эти пробирки постоят в теплом месте полчаса, будет обнаружено, что в пробирке, содержащей виноградный сахар, образовался ярко-оранжево-коричневый или киноварный осадок меди и оксида меди, в то время как другой раствор не изменился. Следовательно, виноградный сахар или глюкоза уменьшают раствор Фелинга, в то время как тростниковый сахар как таковой на него не влияет.

Тростниковый сахар можно заменить или преобразовать в глюкозу, прокипятив в течение короткого времени с разбавленной кислотой или добавив раствор Фелинга в раствор сахара и прокипятив. В последнем случае изменение вызывается щелочью, и образуется осадок меди и окиси меди.

158. Тесты на содержание сахара в тканях растений.—(а) Соскребите немного ткани с внутренней стороны спелого яблока или груши, поместите ее с небольшим количеством воды в пробирку и добавьте несколько капель раствора Фелинга. После получасового отстаивания появляется характерный осадок меди и окиси меди, свидетельствующий о том, что виноградный сахар присутствует в большом количестве.

Сделайте тонкие срезы яблока и нанесите каплю раствора Фелинга на предметное стекло. Через полчаса изучите под микроскопом. Гранулы оксида меди присутствуют в клетках ткани в большом количестве.

(b) Нарезьте несколько листьев молодой крепкой рассады кукурузы, залейте водой в пробирке и прокипятите в течение минуты. После того, как отвар остынет, добавьте раствор Фелинга и дайте настояться. Появится осадок. Для сравнения возьмите аналогичные листья кукурузы, удалите хлорофилл спиртом и проведите тест с йодом. Реакции с крахмалом не наблюдается. Следовательно, углеводом в листьях кукурузы является глюкоза, а не крахмал. Если теперь исследовать семена кукурузы, то обнаружится, что клетки полны зерен крахмала, которые дают красивую синюю реакцию с йодом. Этот эксперимент показывает, что виноградный сахар образуется в листьях кукурузы, но при хранении в семенах превращается в крахмал.

(c) Возьмите два листа рассады фасоли или колеуса, проверьте один на наличие сахара, а другой - на наличие крахмала. Присутствуют оба.

(d) Раздобудьте немного кленового сока весной или в зимние месяцы приготовьте отвар из сломанных кончиков молодых веточек сахарного клена, прокипятив их в воде в пробирке. К соку или остывшему отвару добавьте раствор Фелинга. После отстаивания осадка не образуется. Теперь нагрейте тот же раствор до температуры кипения, и образуется осадок, свидетельствующий о присутствии в кленовом соке тростникового сахара, который был преобразован в глюкозу и фруктовый сахар путем кипячения в присутствии щелочи.

(e) Соскоблите немного ткани с корня сахарной свеклы, залейте водой в пробирке и добавьте раствор Фелинга. После отстаивания ничего не меняется. Прокипятите тот же раствор, и образуется осадок, свидетельствующий о присутствии тростникового сахара, преобразованного в виноградный сахар и фруктовый сахар горячей щелочью.

159. Как крахмал превращается в сахар.—Мы видели, что во многих растениях углевод, образующийся в результате усвоения углекислого газа, сохраняется в виде крахмала. Это вещество, нерастворимое в воде, должно быть заменено на сахар, который является растворимым, прежде чем его можно будет использовать в пищу или транспортировать в другие части растения. Это достигается за счет действия определенных ферментов, в основном диастазы. Это вещество обладает способностью воздействовать на крахмал при соответствующих условиях температуры и влажности, заставляя его поглощать элементы воды и таким образом превращаться в сахар.

Этот процесс обычно происходит в листьях, где образуется крахмал, но особенно в семенах, клубнях (во время прорастания и т.д.) и других частях, которые растение использует в качестве хранилищ крахмалистой пищи. Вероятно, что те же самые условия температуры и влажности, которые благоприятствуют прорастанию или активному росту, также благоприятны для выработки диастазы.

160. Эксперименты, демонстрирующие действие диастазы.—(a) Поместите немного крахмала размером в половину горошины в пробирку и залейте слабым раствором [щ](#) (около 1/5 %) коммерческой така-диастазы. После того, как он постоял в теплом месте в течение пяти-десяти минут, попробуйте с раствором Фелинга. Появляется осадок оксида меди, свидетельствующий о том, что часть крахмала превратилась в сахар. Используя измеренные количества и проводя тесты с йодом через частые промежутки времени, можно точно определить, сколько времени требуется данному количеству диастазы для изменения известного количества крахмала. В связи с этим следует сначала протестировать порцию того же крахмала с раствором Фелинга, чтобы показать отсутствие сахара.

(b) Повторите описанный выше эксперимент, используя немного картофельной ткани и немного кукурузных зерен.

(с) Возьмите 25 пророщенных зерен ячменя, в которых только появляются корешки. Тщательно разотрите в ступке примерно с тремя частями воды. После того, как это настоится десять-пятнадцать минут, процедите. Наполните пробирку для теста на треть водой, добавьте кусочек крахмала размером в половину горошины или меньше и прокипятите смесь до получения крахмальной пасты. Добавьте ячменный экстракт. Поставьте в теплое место и время от времени смазывайте йодом. Первые образцы, обработанные таким образом, будут синими, более поздние - фиолетовыми, коричневыми и, наконец, бесцветными, что свидетельствует о полном исчезновении крахмала. Это происходит из-за действия диастазы, которая присутствовала в прорастающих семенах и которую растворили и добавили в крахмальную смесь. Функция этой диастазы заключается в превращении крахмала в семенах в сахар. Пророщенная пшеница сладкая, и общеизвестно, что хлеб, приготовленный из пророщенной пшеницы, сладкий.

(d) Положите немного крахмальной пасты в пробирку и покройте ее слюной изо рта. Через десять-пятнадцать минут проведите тест с раствором Фелинга. Появляется сильная реакция, показывающая, насколько быстро и эффективно слюна превращает крахмал в сахар. Последующие тесты с йодом покажут постепенное исчезновение крахмала.

161. Эти эксперименты показали нам, что диастаза из трех различных источников может воздействовать на крахмал, превращая его в сахар. Активным веществом в слюне является *животная* диастаза (*птиалин*), которая необходима как один из этапов переваривания крахмалистой пищи у животных. *Така* диастаза происходит из гриба (*Eurotium oryzae*), который питается крахмалом в рисовых зернах, превращая его в сахар, который гриб поглощает для употребления в пищу. Диастаза *солода* и диастаза *листьев* образуются семенными растениями. Содержащийся в семенах крахмал преобразуется в сахар, который усваивается эмбрионом для употребления в пищу. Содержащийся в листьях крахмал превращается в сахар, так что его можно транспортировать в другие части растения для использования при построении новой ткани или для повторного хранения в виде крахмала (например, в картофеле, в семенах и т.д.). Крахмал образуется в листьях при дневном свете. Свет делает диастазу листьев неактивной. Но ночью диастаза листьев становится активной и преобразует крахмал, произведенный днем. Крахмал не растворяется в воде, в то время как сахар растворяется, и, таким образом, сахар в растворе легко транспортируется по всему растению. У тех зеленых растений, которые не образуют крахмал в своих листьях (сахарная свекла, кукуруза и многие однодольные), виноградный сахар и фруктовый сахар образуются в зеленых частях в результате фотосинтеза. У некоторых, например у кукурузы, виноградный сахар, образующийся в листьях, переносится в другие части растения, а часть его накапливается в семенах в виде крахмала. В других растениях, таких как сахарная свекла, глюкоза и фруктовый сахар, образующиеся в листьях, поступают в другие части растения, и большая их часть накапливается в виде тростникового сахара в корнеплоде свеклы. Процесс фотосинтеза, вероятно, протекает одинаково во всех случаях, вплоть до образования виноградного сахара и фруктового сахара в листьях. У свеклы, кукурузы и т.д. Процесс на этом останавливается, в то время как у фасоли, клевера и большинства двудольных растений процесс продвигается на один шаг дальше в листьях и образуется крахмал.

3. Приблизительный анализ растительной субстанции.

162. Несколько простых экспериментов для определения природы растительного вещества. После этих процессов наращивания растения поучительно провести несколько простых экспериментов, которые в общих чертах указывают на природу растительного вещества и служат для того, чтобы показать, как оно может быть разделено на другие

вещества, причем некоторые из них восстанавливаются до той формы, в которой они существовали, когда растение принимало их в пищу. Для получения точных экспериментов и результатов было бы необходимо провести химические анализы.

163. Вода в растении.—Возьмите свежие листья, облиственные побеги или другие свежие части растений. Взвесьте. Оставьте их в сухом помещении, пока они не станут, как мы их называем, “сухими”. Теперь взвесьте. Растения потеряли в весе, и из того, что мы узнали в ходе исследований транспирации, мы знаем, что эта потеря веса является результатом потери растением воды.

164. Сухой растительный материал содержит воду.—Возьмите высушенные на воздухе листья, стружку или другие сухие части растений. Поместите их в пробирку. С помощью держателя расположите пробирку почти горизонтально, так, чтобы дно пробирки находилось в пламени горелки Бунзена. Очень скоро, еще до того, как части растения начнут “гореть”, обратите внимание, что на внутренней поверхности пробирки скапливается влага. Это отводимая вода, которая не могла бы выделиться при высыхании на воздухе без добавления искусственного тепла, и называется “гигроскопичной водой”.

165. Вода, образующаяся при сжигании сухого растительного сырья.—Зажгите щепку мягкой сосны или липы. Держите трубочку из чертополоха в одной руке так, чтобы луковица была направлена вниз и над пламенем щепки. На внутренней поверхности луковицы будет оседать нагар. Через некоторое время поднесите пробирку к окну и посмотрите через нее вверх нагара. На внутренней стороне пробирки скопились капли воды. Эта вода образуется в результате перегруппировки части водорода и кислорода, которые высвобождаются при сжигании растительного сырья, где они были соединены с углеродом, как в целлюлозе, и с другими элементами.

166. Образование древесного угля путем горения.—Возьмите сухие листья и стружки от какой-нибудь мягкой древесины. Поместите в фарфоровый тигель и засыпьте сухой мелкой землей глубиной примерно 3 см. Поместите тигель в пламя горелки Бунзена и оставьте на пятнадцать минут. Достаньте и вылейте содержимое. Если пламя было горячим, растительный материал превратится в древесный уголь хорошего качества. Древесный уголь состоит в основном из углерода.

167. Зола растения.—Положите в фарфоровый тигель высушенные листья и стружку, как и раньше. Не засыпайте землей. Поместите тигель в пламя горелки Бунзена и на мгновение поставьте на фарфоровую крышку; затем снимите крышку и обратите внимание на влажность нижней поверхности от вытекающей воды. Дайте растительному материалу сгореть; оно может даже некоторое время гореть. В течение пятнадцати минут он превращается в беловатый порошок, по массе гораздо меньший, чем древесный уголь в предыдущем эксперименте. Это зола растения.

168. Что стало с углеродом?—В этом эксперименте воздух не был исключен из растительного материала, так что кислород соединялся с углеродом по мере высвобождения воды и образовывал углекислый газ, выходящий в воздух в такой форме. Следует помнить, что это форма, в которой растение получало углеродную пищу через листья. Здесь углекислый газ встречался с водой, поступающей из почвы, и они соединялись, образуя, в конечном счете, крахмал, целлюлозу и другие соединения углерода; в то время как с добавлением азота, серы и т.д., Также поступающих из почвы, образовывались еще другие растительные вещества.

169. Углеводы относятся к числу неазотистых веществ. Другие номера-производство растительных веществ являются органические кислоты, такие как щавелевая кислота ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), яблочная кислота ($\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5$) и т. д.; жиры и нелетучих маслах, которые происходят

в семенах и плодах многих растений. Из азотистых веществ протеиды имеют очень сложную химическую формулу и содержат углерод, водород, кислород, азот, серу и т.д. (например, *алейрон*, или протеидные зерна, содержащиеся в семенах). Протеиды являются источником азотистого питания для рассады во время прорастания. Из амидов, *asparagin* ($C_4H_8N_2O_3$) является примером азотистые вещества и алкалоиды, никотиновую ($C_{10}H_{14}N_2$) от табака.

Все живые растения содержат большой процент воды. По словам Вайнса, “зрелые семена, высушенные на воздухе, содержат от 12 до 15 процентов воды, травянистые растения - от 60 до 80 процентов, а многие водные растения и грибы - до 95 процентов своего веса”. При нагревании до $100^{\circ}C$ вода удаляется. Оставшееся сухое вещество частично состоит из органических соединений, примеры которых приведены выше, и неорганических соединений. При сжигании этого сухого остатка органические вещества в основном превращаются в летучие продукты, в основном углекислоту, воду и азот. Неорганические вещества в результате сгорания остаются в виде белого или серого порошка, *золы*.

Количество золы увеличивается с возрастом растения, хотя процентное содержание золы может варьироваться в разное время у разных представителей растения. Следующая таблица, взятая из Vines, даст представление о количестве и составе золы в сухом веществе нескольких растений:

СОДЕРЖАНИЕ 1000 ЧАСТЕЙ СУХОГО ТВЕРДОГО ВЕЩЕСТВА.

	Клевер, цветущая	пшеница, зерно	Пшеницы, солома	Клубни картофеля	,	(семя)
Пепел	,	,	,	37,7,	27,3,	27.3
,	,	22,76,	5,14,	22.76	5.14	0,44,
0,99,	.	.	0.74	.	.	0,26
Известь.	24,06	0,66	3,09	0,97	0,59	1,36
Магний.	7,44	2,36	1,33	1,77	1,26	2,17
Оксид железа.	0,72	0,26	0,33	0,45	0,2	0,16
Фосфорная кислота.	6,74	9,26	2,58	6,53	1,96	9,95
Серная кислота.	2,06	0,07	1,32	2,45	0,88	0,95
Диоксид кремния.	1,62	0,42	36,25	0,8	0,62	0,24
Хлор.	2,66	0,04	0,9	1,17		0,42

ГЛАВА IX. КАК РАСТЕНИЯ ДОБЫВАЮТ СЕБЕ ПИЩУ. I.

1. Источники растительной пищи.

170. Необходимые составляющие растительной пищи.—Как указано в [главе 3](#), исследование открыло нам основные составляющие растительной пищи. Некоторые предположения относительно пищевых веществ получены в результате химического анализа различных растений. В [главе 8](#) отмечалось, что в растительных субстанциях есть два основных вида соединений: органические соединения и неорганические соединения, или минеральные вещества. Основными элементами в органических соединениях являются *водород, углерод, кислород и азот*. Элементами в неорганических соединениях, которые были признаны незаменимыми для роста растений, являются *кальций*,^[12] *калий, магний, фосфор, сера и железо*. (См. [параграфы 54-58](#), а также подробные наблюдения за водными культурами.) Другие элементы содержатся в золе растений; и хотя они не являются абсолютно необходимыми для роста, некоторые^[13] из них так или иначе полезны.

171. Углеводы образуются, как мы узнали, из CO_2 воздуха и воды в тканях растений, извлеченных из почвы; хотя в случае полностью погруженных в воду растений все составляющие поглощаются из окружающей воды.

172. Пищевые вещества в почве.—Наземные растения получают минеральное питание из почвы, почва получала минеральные вещества в результате растворения и дезинтеграции горных пород. Азотистые продукты питания в основном получают из того же источника, но при различных условиях, которые будут рассмотрены в последующих параграфах, но азот поступает в основном из воздуха. Некоторые минеральные вещества, те, которые растворимы, а также некоторые азотистые вещества, содержатся в почве в виде раствора. Они поглощаются растением по мере необходимости вместе с водой через корневые волоски.

173. Всасывание растворимых веществ.—Поскольку эти вещества растворены в воде почвы, нам нет необходимости подробно останавливаться на процессе впитывания. В общих чертах об этом говорится в [главе 3](#). Следует, однако, отметить, что пищевые вещества в растворе во время всасывания диффундируют через протоплазматическую мембрану независимо друг от друга, а также независимо от скорости перемещения воды из почвы в корневые волоски и клетки корня.

Когда клетки поглотили определенное количество данного вещества, больше оно не усваивается до тех пор, пока концентрация клеточного сока в этом конкретном веществе не снизится. Это, однако, не препятствует поглощению воды или других веществ в растворе теми же клетками. Следовательно, растения обладают определенной избирательностью в поглощении пищевых веществ.

174. Действие корневых волосков на нерастворимые вещества. Кислотность корневых волосков.—Если мы возьмем саженец, выращенный в проращивателе или в складках ткани или бумаги так, чтобы корни не касались почвы, и прикоснемся влажными корневыми волосками к синей лакмусовой бумаге, бумага приобретет красный цвет в том месте, где соприкасались корневые волоски. Это реакция на присутствие соли кислоты и указывает на то, что корневые волоски выделяют определенные кислотные вещества. Это кислотное свойство корневых волосков выполняет очень важную функцию при приготовлении определенных элементов растительной пищи в почве. Некоторые химические соединения, такие как поташ, фосфорная кислота и т.д., осаждаются на частицах

почвы и не растворяются в воде. Кислота корневых волосков растворяет некоторые из этих соединений там, где частицы почвы находятся в тесном контакте с ними, и затем растворы могут быть поглощены корнями. Углекислота и другие кислоты также образуются в почве и способствуют превращению этих веществ в раствор.

175. Это разъедающее действие корней можно продемонстрировать на примере хорошо известного эксперимента по выращиванию растения на мраморной плите, покрытой почвой. Вместо мраморной тарелки горошек можно посадить в раковины моллюсков или устриц, которые затем закапывают в почву горшка, чтобы корни саженцев соприкасались с гладкой поверхностью раковины. Через несколько недель, если смыть почву с мрамора там, где корни находились в тесном контакте, появятся очертания этой части корневой системы. Из корней растений выделяется несколько различных кислотных веществ, которые, как было обнаружено, при контакте окрашивают синюю лакмусовую бумажку в красный цвет. Эксперименты Чапека, однако, показывают, что углекислота, выделяемая корнями, обладает способностью непосредственно вызывать эти явления коррозии. Соли кислот являются веществами, которые наиболее активно участвуют в покраснении синей лакмусовой бумажки. Они непосредственно не способствуют возникновению коррозии. Однако в почве, где содержатся соединения калия, фосфорной кислоты и т.д., нерастворимые в воде, кислотная соль (первичный кислый фосфат калия), которая наиболее активно участвует в покраснении синей лакмусовой бумажки, может косвенно воздействовать на эти минеральные вещества, делая их доступными для питания растений. Эта соль вскоре соединяется с определенными хлоридами в почве, образуя, среди прочего, небольшое количество соляной кислоты.

176. ПРИМЕЧАНИЕ.— Это общее правило, что растения не могут принимать в свой организм твердую пищу, но получают всю пищу либо в жидком, либо в газообразном состоянии. Единственным исключением из этого правила являются плазмодии некоторых *миксомицетов* (слизевиков), а также, возможно, некоторые жгутиконосцы и другие очень низшие формы, которые поглощают твердые частицы пищи. Однако неясно, принадлежат ли эти организмы к растительному или животному царству, и они, вероятно, занимают более или менее промежуточное положение.

177. Действие нитритных и нитратных бактерий.— Многие высшие зеленые растения предпочитают азотистую пищу в виде нитратов. (Например, нитрат соды, нитрат калия, селитра.) Нитраты постоянно образуются в почве под действием определенных бактерий. Нитритные бактерии (*Nitromonas*) превращают аммиак в почве в *азотистую кислоту* (*nitritum*), в то время как на этом этапе нитратные бактерии (*Nitrobacter*) превращают нитриты в нитраты. Тот факт, что эта нитрификация в почве происходит постоянно, имеет первостепенное значение, поскольку, хотя коммерческие нитраты часто вносятся в почву, нитраты легко вымываются из почвы проливными дождями. Эти нитритные и нитратные бактерии нуждаются в кислороде для своей жизнедеятельности, и они способны получать свои углеводы путем разложения органических веществ в почве или непосредственно путем ассимиляции CO_2 в почве, получая энергию для ассимиляции углекислого газа в результате химического процесса нитрификации. Такой вид ассимиляции углекислого газа называется *хемосинтетической* ассимиляцией.

2. Паразиты и сапрофиты.

178. Паразиты среди грибов.— Паразит - это организм, который получает всю или часть своей пищи непосредственно от другого живого организма (своего хозяина) и за счет последнего. Наибольшее количество паразитов растений встречается среди грибов (ржавчина, головня, плесень и т.д.). ([См. Питание грибов, параграф 185.](#)) Некоторые из них

не способны к развитию без участия своего хозяина и называются *облигатными* паразитами. Другие могут расти не только как паразиты, но в других случаях также могут расти на мертвом органическом веществе и называются *факультативными* паразитами, то есть они могут выбирать либо паразитический образ жизни, либо сапрофитный.

179. Паразиты среди семенных растений.—*Кускута*. Однако среди семенных растений есть паразиты; например, повилика (*Cuscuta*), паразитирующая на клевере, и большое разнообразие других растений. В семенах достаточно пищи, чтобы молодое растение пустило корни и развило тонкий стебель до тех пор, пока оно не прижится к своему хозяину. Затем он обвивается вокруг стебля своего хозяина, посылая клиновидные гаустории в стебель для получения пищи. Затем часть, соединенная с землей, отмирает.

Гаустории повилики образуют полное соединение с сосудистыми пучками ее хозяина, так что через сосуды поступают вода и соли, а через соединение решетчатых трубочек - переработанная органическая пища. Союз повилики с хозяином подобен союзу прививки с подвоем. Буковая капелька (*Epiphegus*) - еще один пример семенного растения-паразита. Он паразитирует на корнях бука.

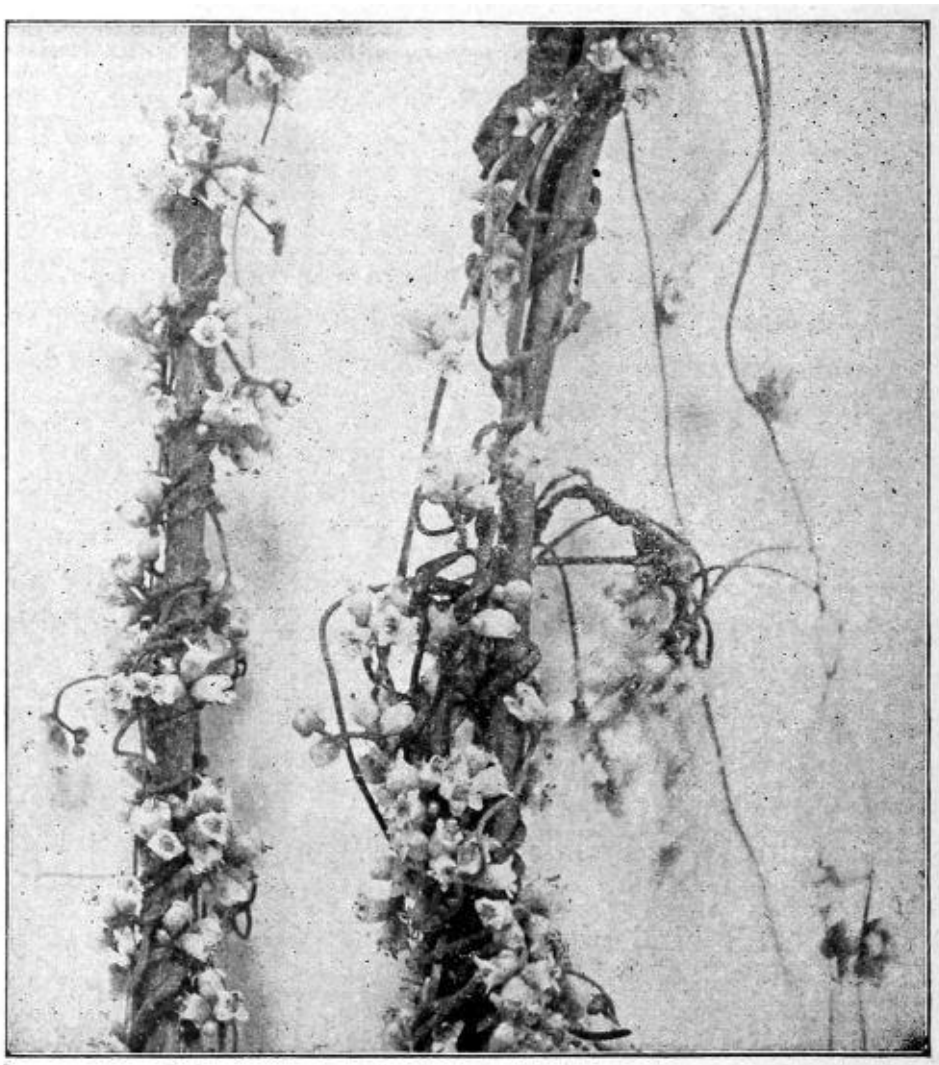


Рис. 74.
Повиликающий.

180. Омела (*Viscum album*), растущая на ветвях деревьев, пускает в ветви свои корни, и, по некоторым данным, срastaются только сосуды сосудистой системы. Если это правда, то он, вероятно, получает от своего хозяина только воду и соли. Но у омелы зеленые листья, и

поэтому она способна усваивать углекислый газ и производить собственные органические вещества. Однако некоторые утверждают, что хозяин получает некоторую пищу от паразита зимой, когда хозяин сбрасывает листья, и если это правда, то, по-видимому, органическую пищу омела также может получать летом от хозяина.

181. Сапрофиты.— Сапрофит - это растение, которое способно получать пищу, особенно органическую пищу, непосредственно из мертвых животных или растений или из мертвых органических веществ. Многие грибы являются сапрофитами, такими как плесневые грибки, опята и т.д. ([См. Питание грибов.](#))

182. Гумусовые сапрофиты.— Действие грибов, описанное в предыдущей главе, а также определенных бактерий постепенно превращает отмершие растения или части растений в мелкодисперсное коричневое вещество, известное как *гумус*. Как правило, зеленые растения не могут усваивать органическую пищу непосредственно из гумуса. Но растения, лишенные хлорофилла, могут сапрофитно питаться этим гумусом. Они известны как *гумусовые сапрофиты*. Многие грибы и другие грибковые образования, а также некоторые семенные растения, которым не хватает хлорофилла или которые содержат его лишь в небольшом количестве, способны усваивать всю органическую пищу из гумуса. Неясно, могут ли какие-либо семенные растения получать всю свою органическую пищу непосредственно из гумуса, хотя считается, что многие могут таким образом получить его часть. Но ряд семенных растений, таких как индийская трубка (*Monotropa*) и некоторые орхидеи, получают органическую пищу из гумуса. Этим растениям не хватает хлорофилла, и поэтому они не могут самостоятельно вырабатывать углеводную пищу. Не паразитируя на растениях, которые могут, как в случае с повиликой и буковыми опадами, упомянутыми выше, они, несомненно, получают свою органическую пищу из гумуса. Но мицелий грибов, растущий в перегное, прикрепляется к их корням, а у некоторых орхидей проникает в корни и образует питательные соединения. Мицелий гриба может поглощать органическую пищу из гумуса и, по крайней мере, в некоторых случаях переносить ее к корням высших растений ([см. Микориза](#)).

183. Автотрофные, гетеротрофные и миксотрофные растения.— *Автотрофное* растение - это самопитающееся растение, то есть оно снабжено обильным хлорофилловым аппаратом для ассимиляции углекислого газа и поглощающими органами для получения воды и солей. Гетеротрофные растения не снабжены хлорофилловым аппаратом, достаточным для усвоения всего необходимого углекислого газа, поэтому они питаются другими способами. *Миксотрофные* растения - это те, которые занимают промежуточное положение между двумя другими, т. Е. У них есть немного хлорофилла, но его недостаточно для обеспечения всей необходимой органической пищей, поэтому они получают его часть другими способами. Очевидно, что между двумя другими видами миксотрофных растений существуют все градации (например, омела).

184. Симбиоз.— Симбиоз означает сосуществование с другими организмами и относится к тем организмам, которые живут настолько тесно друг с другом, что подвержены влиянию в лучшую или худшую сторону, особенно с точки зрения питания. *Конъюнктивный* симбиоз относится к тем случаям, когда между двумя организмами происходит прямой обмен пищевым материалом (лишайники, микоризы и т.д.). *Дизъюнктивный* симбиоз относится к межжизненным отношениям без какого-либо фиксированного союза между ними (например, отношения между цветами и насекомыми, муравьями и растениями и даже в широком смысле отношение между сапрофитными растениями в восстановлении органического вещества до состояния, при котором оно может использоваться в пищу зелеными растениями, а они, в свою очередь, обеспечивают органическое вещество для окружающей среды). сапрофиты, которыми можно питаться, и т.д.). *Антагонистический*

симбиоз проявляется в отношении паразита к его хозяину, *реципрокный* симбиоз или *мутуалистический* симбиоз проявляется в тех случаях, когда оба симбионта получают пищу в результате союза (лишайники, микориза и др.).

3. Как грибы добывают себе пищу.

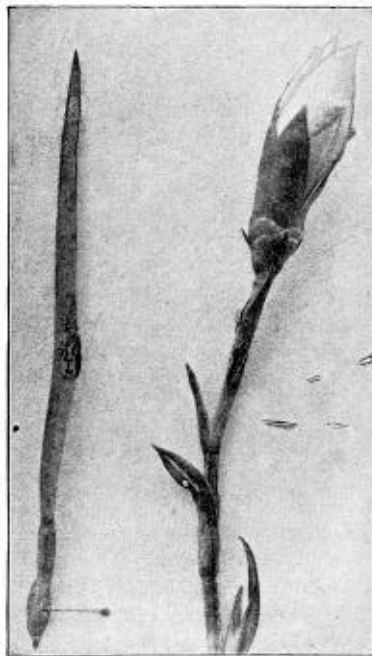


Рис. 75.

Ржавчина гвоздики на листьях и цветоносе. С фотографии.

185. Питание плесневых грибов.—В нашем исследовании тисог, как мы видели, растущая или вегетативная часть растения, мицелий, находится внутри субстрата, который содержит пищевые материалы в растворе, и таким образом тонкие нити омываются ими со всех сторон. Мицелий поглощает водные растворы по всей системе разветвлений. Когда развиваются прямостоячие плодовые нити, они получают материалы для своего роста непосредственно из мицелия, с которым они связаны. Плесневые грибки, которые растут на гниющих плодах или на других органических веществах, получают питательные вещества таким же образом. Часть плесени, которую мы обычно видим на поверхности этих веществ, как правило, является плодоносящей частью. Большая часть мицелия скрыта в субстрате.

186. Питание паразитических грибов.— Некоторые грибы растут на высших растениях или внутри них и получают свои пищевые материалы от них и за их счет. Такой гриб называется *паразитом*, и существует большое количество таких растений, которые известны как *паразитические грибы*. Растение, за счет которого они растут, называется “*хозяином*”.

Одним из таких паразитических грибов, который довольно легко получить в теплицах или зимних садах осенью и зимой, является ржавчина гвоздики (*Uromyces caryophyllinus*), поскольку она проявляется ржавыми темно-коричневыми пятнами на листьях и стеблях гвоздики (см. [рис. 75](#)). Если мы сделаем тонкие поперечные срезы через одно из этих пятен на листе и поместим их на несколько минут в раствор хлоралгидрата, часть тканей листа растворится. Через несколько минут мы промываем срезы в воде на стекле и окрашиваем их раствором эозина. Если срезы были сделаны аккуратно и тонкими, то будут видны нити мицелия, пробивающиеся между клетками листа в виде тонких нитей. Тут и там будут

видны короткие ответвления этих нитей, которые проникают через клеточную стенку хозяина и выступают внутрь клетки в виде неправильной выпуклости. Такой ветвью является *гаустория*. С помощью этого гаустория, который здесь является лишь короткой ветвью мицелия, питательные вещества извлекаются грибом из протоплазмы или клеточного сока гвоздики. Отсюда он переходит к нитям мицелия. Они, в свою очередь, служат пищевым материалом для развития темно-коричневых гонидий, которые, как мы видим, образуют темный порошок на пятнах. Многие другие грибы образуют гаустории, которые поглощают питательные вещества способом, описанным для ржавчины гвоздики. В случае с другими паразитическими грибами нити мицелия сами проникают в клетки хозяина, в то время как у третьих мицелий проходит только между клетками хозяина (например, гриб скручивания листьев персика) и извлекает пищевые материалы из протоплазмы или клеточного сока хозяина посредством процесса осмоса.

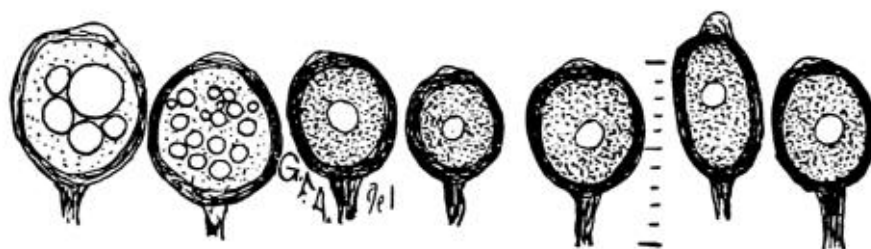


Рис. 76.

Несколько телеутоспор, показывающие вариации формы.

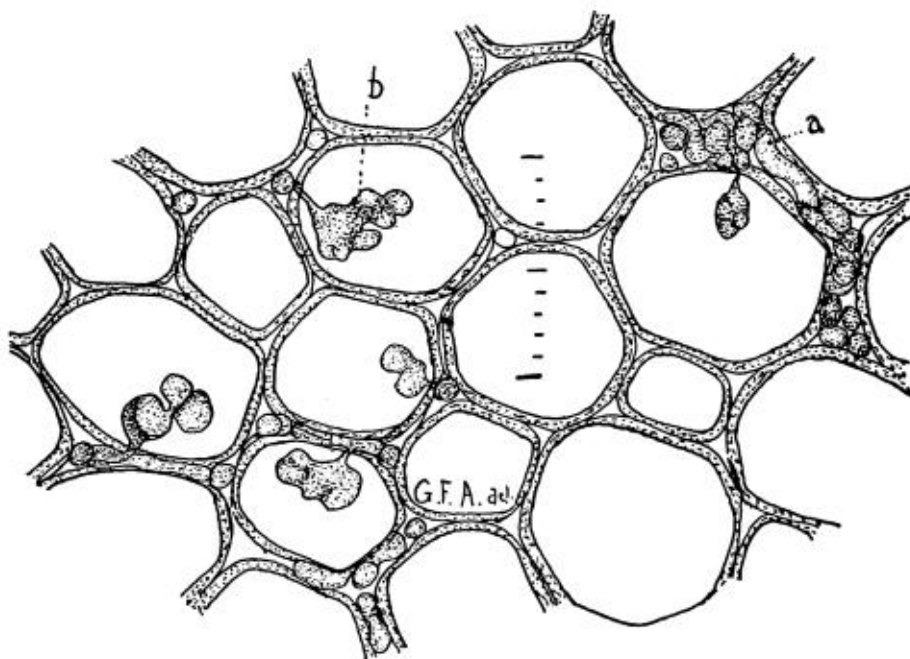


Рис. 77.

Клетки из стебля ржавой гвоздики, показывающие межклеточный мицелий и гаустории. Объект увеличен в 30 раз больше установленного масштаба.

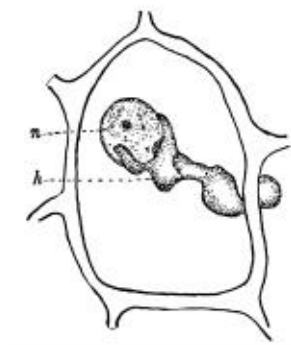


Рис. 78.

Клетка из листа гвоздики, показывающая гаусторий мицелия ржавчины, захватывающий ядро хозяина. *h*, гаусторий; *n*, ядро хозяина.

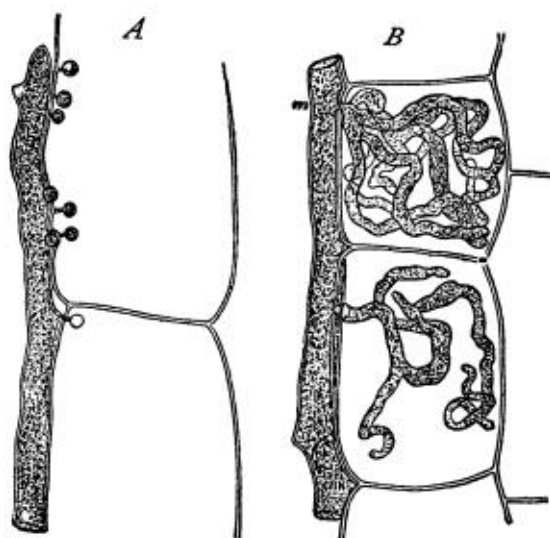


Рис. 79.

Межклеточный мицелий с проникающими в клетки гаусториями. *A*, *cystopus candidus* (белая ржавчина); *B*, *peronospora calotheca*. (De Bary.)

187. Питание более крупных грибов.—Если мы выберем какой-нибудь из более крупных грибов, большинство из которых принадлежат к семейству грибных и его родственникам, который растет на гниющем бревне или в почве, мы увидим, вскрыв бревно или удалив кору или часть почвы, в зависимости от обстоятельств, что стебель растения, если он у него есть, соединен беловатыми нитями. В весенние, летние или осенние месяцы образцы грибов, связанных с этими нитями, обычно можно легко найти в полях или лесах, но в течение зимы и более холодной части года их часто можно увидеть в выгонных хозяйствах, особенно в подвалах, предназначенных для выращивания коммерческого гриба.

188. Эти нити состоят из многочисленных нитей мицелия, которые плотно скручены и переплетены в шнур или прядь, которая называется нитью мицелия, или *ризоморф*. Они хорошо показаны на [рис. 236](#), который взят с фотографии нитей мицелия, или “зародышей”, как называют их производители грибов, *Agaricus campestris*. Маленькие бугорки или наросты на нитях - это молодые плодовые тела, или “пуговицы”.

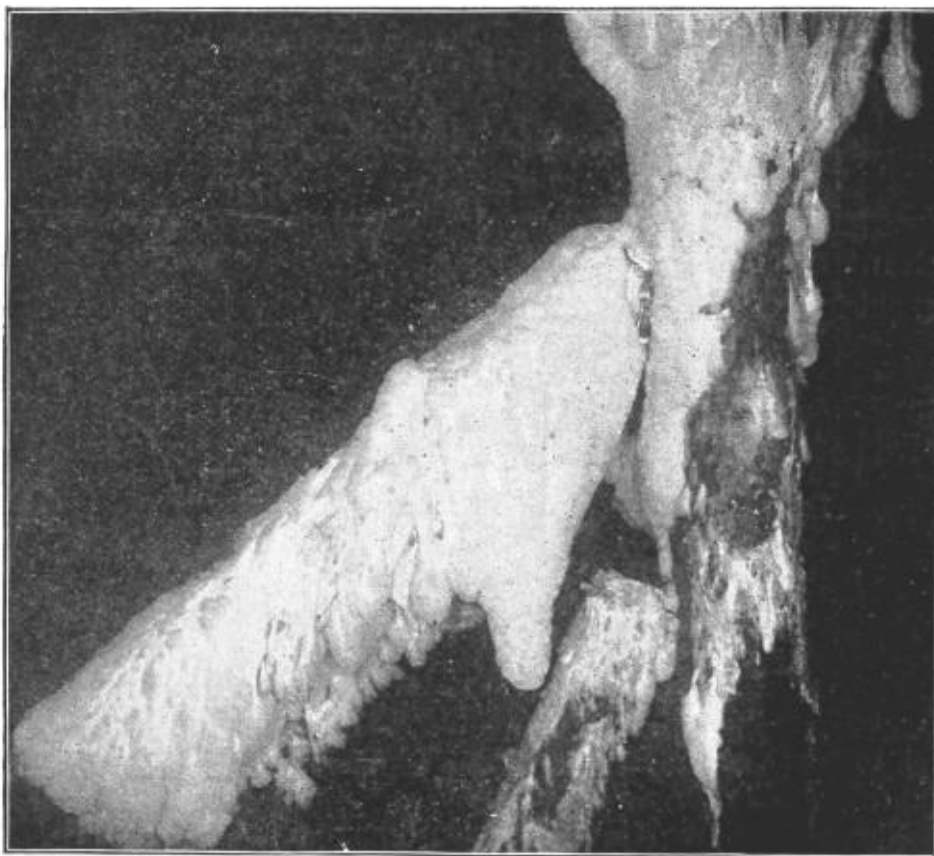


Рис. 80.

Стерильный мицелий на деревянных подпорках в угольной шахте, 400 футов под поверхностью.

(Фотография сделана автором.)

189. Хотя эти нити мицелия в гниющей древесине или в разлагающемся органическом веществе почвы не являются настоящими корнями, они функционируют как корни или корневые волоски, поглощая пищевые материалы. В старых погребах и на влажной почве во влажных местах мы иногда видим прекрасные образцы этой вегетативной части грибов - мицелия. Но самые великолепные примеры можно увидеть в заброшенных шахтах, где древесина была спущена в туннели далеко под поверхностью земли, чтобы поддерживать скальную кровлю над горными работами. Я посетил несколько угольных шахт в Уилксбаре, штат Пенсильвания, и здесь на деревянных подпорках и дверях, в нескольких сотнях футов под поверхностью, в кромешной тьме, в атмосфере, почти полностью насыщенной в любое время, мицелий некоторых дереворазрушающих грибов растет в изобилии и великолепии, в которые почти невозможно поверить. [Рис. 80](#) взят с фотографии со вспышкой, на которой изображен прекрасный образец, расположенный на глубине 400 футов под поверхностью земли. Это было сделано на поверхности деревянной подпорки или столба, и изображение значительно уменьшилось. На дверях шахты можно увидеть нити мицелия, которые расходятся веерообразными фигурами в определенных местах у края роста, а дальше - тонкие кисточки мицелия, которые свисают фантастическими фигурами, все безупречно белого цвета и соперничают по изысканности своей конструкции с самой красивой тканью.

190. Как грибы получают углеводистую пищу.—Грибы, лишенные хлорофилла, не могут усваивать CO_2 из воздуха. Поэтому они зависят от зеленых растений в качестве углеводной пищи. Среди сапрофитов грибы, разрушающие листья и древесину, выделяют определенные вещества (известные как *ферменты*), которые растворяют углеводы и

некоторые другие органические соединения в древесном или листовом субстрате, в котором они растут. Таким образом, они производят своего рода внеклеточное переваривание углеводов, переводя их в растворимую форму, которая может быть поглощена мицелием. Паразитические грибы также получают свои углеводы и другую органическую пищу от хозяина. Мицелий некоторых паразитических грибов и грибов, разрушающих древесину, выделяет ферменты (*цитаза*), которые растворяют мельчайшие отверстия в клеточных стенках хозяина и, таким образом, помогают гифе в процессе ее сверления при проникновении в клеточные стенки.

ПРИМЕЧАНИЕ.—Некоторые дереворазрушающие грибы, растущие на дубах, поглощают танин напрямую, то есть в неизмененном виде. Один из грибов, разрушающих сосну (*Trametes pini*) поглощает ксилоген из клеток древесины, оставляя чистую целлюлозу, в которой ксилоген был отфильтрован; в то время как *Polyporus mollis* поглощает целлюлозу, оставляя после себя только древесный элемент.

4. Микориза.

191. Хотя такие растения, как индийская трубка (*Monotropa*), некоторые орхидеи и др., являются *гумусовыми сапрофитами* и некоторые из них, возможно, способны усваивать органическую пищу из гумуса, многие из них имеют грибной мицелий, тесно связанный с их корнями, и эти грибные нити помогают усваивать органическую пищу. Корни растений, мицелий которых тесно связан с процессом питания, называются *микоризой*. Между грибом и хозяином происходит взаимный обмен пищей, *взаимный симбиоз*.

192. Микоризы бывают двух видов в зависимости от отношения гриба к корню; *эктотрофные* (или *эпифитные*), когда мицелий находится в основном снаружи корня, и *эндотрофные* (или *эндофитные*), когда мицелий находится в основном внутри ткани корня.

193. Эктотрофная микориза.—Эктотрофная микориза встречается на корнях дуба, бука, роговика и т.д. В лесах, где много гумуса из гниющих листьев и другой растительности. Молодые растущие корни этих деревьев плотно покрываются толстым войлоком мицелия, так что корневые волоски не могут развиваться. Концевые корни также сильно ветвятся и значительно утолщены. Гриб служит здесь абсорбирующим органом для дерева. Он также воздействует на гумус, превращая часть его в доступную растительную пищу и перенося ее дереву.

194. Эндотрофная микориза.—Они обнаружены на многих гумусовых сапрофитах, которые лишены хлорофилла, а также на тех, которые содержат мало или даже на некоторых растениях, обладающих избытком хлорофилла. Примеры встречаются у многих орхидей (см., например, Орхидею с коралловым корнем), некоторых папоротников (ботрихиум), сосен, бобовых растений и т.д. У эндотрофной микоризы мицелий более распространен в тканях корня, хотя некоторые нити выходят наружу. В случае с сапрофитами микоризы на гумусе, у которых нет хлорофилла или его очень мало, некоторые считают, что мицелий гриба в гумусе помогает преобразовывать органические вещества и углеводы в форму, доступную для питания высших растений, а затем доставляет их в корень, тем самым способствуя также процессу усвоения, поскольку на короткой и мясистой микоризе мало или совсем нет корневых волосков. Однако корни некоторых из этих гумусовых сапрофитов обладают способностью поглощать часть своих органических соединений из гумуса. Некоторые считают, хотя и не доказано определенно, что в случае дубов, буков, грабов и других симбионтов, содержащих хлорофилл, нити гриба не поглощают никаких углеводов для высших симбионтов, но на самом деле они получают свои углеводы из него.^[14] Но вполне очевидно, что нити гриба действительно ассимилируют

из гумуса определенные неокисленные или слабо окисленные азотистые вещества (например, аммиак) и переносят их хозяину, поскольку высшие растения с трудом усваивают эти вещества, в то время как они легко усваивают нитраты, которых в гумусе немного. Это особенно важно в лесу. Вероятно, поэтому.

5. Сборщики азота.



Рис. 81.

Корень вики обыкновенной, видны корневые бугорки.

195. Как клевер, горох и другие бобовые собирают азот.— Давно известно, что клевер, горох, фасоль и многие другие бобовые растения часто способны расти на почве, где злаки растут плохо. Почва, бедная азотистой растительной пищей, становится богаче этим веществом там, где выращивают клевер, горох и т.д., И их часто сажают с целью обогащения почвы. Бобовые растения, особенно на бедной почве, почти наверняка имеют разрастания в виде клубеньков, или “корневых бугорков”. Корень вики обыкновенной с некоторыми из этих корневых бугорков показан на [рис. 81](#).

196. Грибковый или бактериальный организм в этих корневых бугорках.—Если мы вскроем один из этих корневых бугорков и поместим небольшую часть внутренней части в воду для исследования под микроскопом, мы обнаружим маленькие палочковидные тела, некоторые из которых напоминают бактерии, в то время как другие более или менее раздвоены в форме буквы Y, как показано на [рис. 82](#). Эти тела богаты азотистыми веществами, или протеидами. Они представляют собой части мельчайшего организма грибковой или бактериальной природы, который поражает корни бобовых растений и вызывает эти узловатые наросты. Этот организм (*Phytomyxa leguminosarum*) обитает в почве и широко распространен там, где произрастают бобовые.

197. Как организм проникает в корни бобовых.—Этот крошечный микроорганизм в почве проникает через стенку корневого волоска ближе к концу. Затем он прорастает внутрь корневого волоска в виде нити. Когда он достигает клеточных стенок, в нем образуется крошечное отверстие, через которое он растет, чтобы проникнуть в соседнюю клетку, когда снова увеличится. Таким образом, он проходит от корневого волоска к клеткам корня и вниз, почти к центру корня. Как только он начинает проникать в клетки корня, он стимулирует клетки этой части к большей активности. Таким образом, в корне здесь развивается большой боковой узелок, или “корневой бугорок”. По мере того как этот “корневой бугорок” увеличивается в размерах, нити гриба разветвляются во всех направлениях, проникая во многие клетки. Нити очень неправильной формы, и при определенном увеличении кажется, что образуются палочковидные тела, или же нить позже распадается на мириады этих маленьких “бактероидов”.

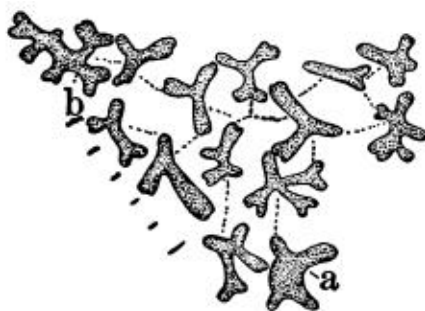


Рис. 82.

Корнево-бугорковый организм вики, старое состояние.



Рис. 83.

Корнево-бугорковый организм из *Medicago denticulata*.

198. Корневой организм усваивает свободный азот для своего хозяина.—Этот организм усваивает свободный азот из воздуха в почве, образуя белковое вещество, которое в больших количествах содержится в бактериоидах. Некоторые бактериоиды, богатые протеидами, растворяются, и белковое вещество используется клевером или горохом, в зависимости от обстоятельств. Вот почему такие растения могут процветать в почве с низким содержанием азота. Позже в этом сезоне некоторые корневые бугорки отмирают и загнивают. Таким образом, часть белкового вещества высвобождается в почве. Таким образом, почва становится богаче азотистой растительной пищей.

Формы бактериоидов различны. У некоторых видов клевера они овальные, у вики палочковидные или раздвоенные, а другие формы встречаются у некоторых других родов.

199. ПРИМЕЧАНИЕ.—Насколько нам известно, организм бобовых бугорков не усваивает свободный азот из воздуха, если только он не находится внутри корня боба. Но в почве есть микроорганизмы, которые способны самостоятельно усваивать свободный азот. Например, бактерия, *Clostridium pasteurianum*. Определенные бактерии и водоросли живут в *контактном симбиозе* в почве, бактерии фиксируют свободный азот, в то время как взамен объединенного азота водоросли снабжают бактерии углеводами. По-видимому, эти бактерии не могут фиксировать свободный азот воздуха, если их не снабжать углеводами, а известно, что *Clostridium pasteurianum* не может усваивать свободный азот без присутствия сахара.

6. Лишайники.

200. Питание лишайников.—Лишайники - очень любопытные растения, которые растут на камнях, на стволах и ветвях деревьев, а также на почве. Они образуют листовидные разрастания более или менее зеленого, или коричневатого, или серого цвета,

или они встречаются в виде нитей или небольших древовидных образований. Иногда растение настолько плотно прилегает к скале, на которой растет, что кажется, что оно просто окрашивает скалу в немного другой цвет, и в случае многих растений, которые встречаются на деревьях, глазу кажется, что кора ствола лишь слегка обесцвечена, с местами более темными точками, где образуются плодовые тела. Однако самое любопытное в них то, что, хотя они образуют растительные тела различной формы, эти тела имеют “двойственную природу” по отношению к составляющим их организмам. Другими словами, тела растений образованы из двух различных организмов, которые, сплетенные воедино, существуют, по-видимому, как одно целое. Гриб, с одной стороны, растет вокруг клеток или нитей водоросли и заключает их в сетки своего мицелия, в зависимости от обстоятельств.

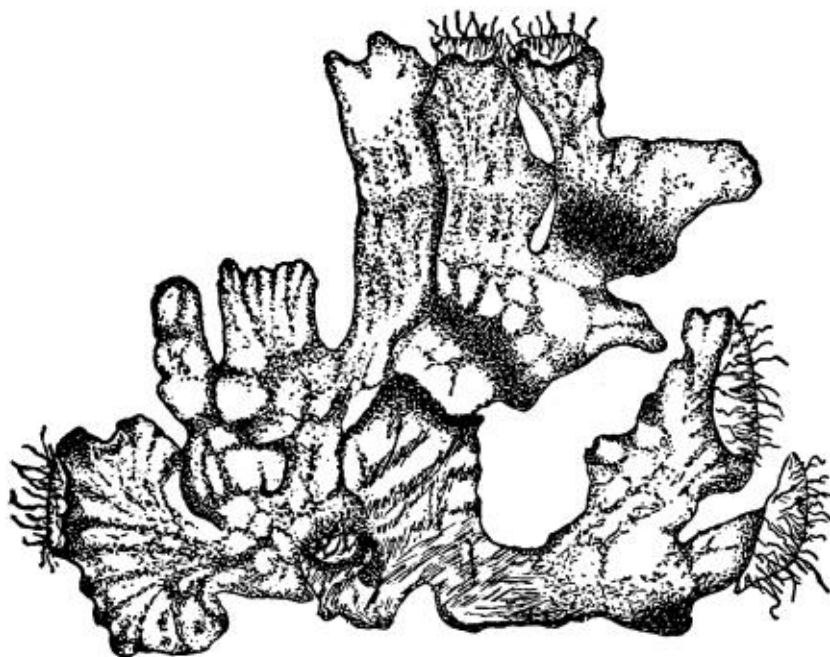


Рис. 84.

Лист лишайника (peltigera) с ризоидами.

Если мы возьмем одну из листовидных форм, известную как пельтигера, которая растет на влажной почве или на поверхности сильно сгнивших бревен, мы увидим, что тело растения сплющенное, тонкое, смятое и с неправильными лопастями. Цвет тускло-зеленоватый с верхней стороны, в то время как нижняя сторона белая или светло-серая с коричневыми пятнами, особенно на старых участках. Кое-где на нижней поверхности имеются довольно длинные тонкие черноватые пряди. Они полностью состоят из нитей гриба и служат органами прикрепления или опорами, а также для снабжения организма растения минеральными веществами, которые находятся в растворе в воде почвы. Если мы сделаем тонкий срез листовидной части лишайника, как показано на [рис. 85](#), мы увидим, что она состоит из сетки бесцветных нитей, которые в определенных местах содержат переплетенные зеленые клетки. Бесцветные нити принадлежат грибку, в то время как зеленые клетки принадлежат водорослям. Эти зеленые клетки водоросли выполняют функцию хлорофилловых телец для двойного организма, в то время как нити гриба обеспечивают минеральные компоненты растительной пищи. Водоросль, хотя и не погибает в объятиях гриба, не достигает того совершенного состояния развития, которого она достигает, когда не находится в связи с грибом. С другой стороны, грибок получает от этой ассоциации больше пользы, чем водоросль. Он образует плодовые тела и совершенствует споры в особых плодовых телах, которые так отчетливо различимы у столь многих видов лишайников. Эти растения так долго жили в такой тесной ассоциации, что грибы редко встречаются отдельно от водорослей в природе, но в ряде случаев их

выращивали в искусственных культурах отдельно от водорослей. Этот факт, а также тот факт, что водоросли часто встречаются в природе отдельно от гриба, многими рассматривается как указание на то, что растительное тело лишайников состоит из двух различных организмов и что гриб паразитирует на водорослях.

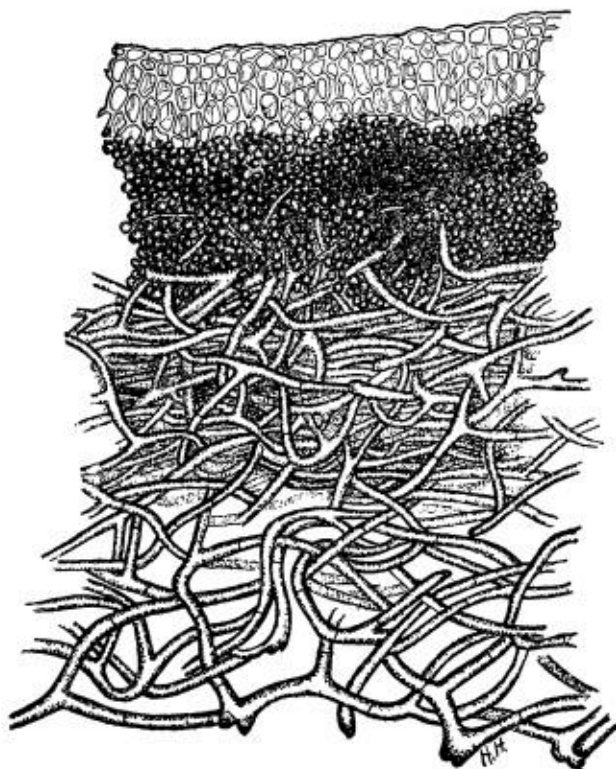


Рис. 85.

Лишайник (*peltigera*), срез слоевища; темная зона округлых телец, состоящая в основном из клеток водорослей. Клетки гриба сверху и нити под клетками водорослей и среди них.

201. Другие рассматривают лишайники как автономные растения, то есть эти два организма благодаря этому длительному общности существования объединились в индивидуализированный организм, который обладает привычками и образом жизни, отличными от таковых любого из организмов, образующих составные части. Это сообщество существования двух разных организмов некоторые называют *мутуализмом*, или *симбиозом*. Хотя водоросли, заключенные в сеточки гриба, не так свободно развиваются и, вероятно, не достигают того полного развития, которое они могли бы получить сами по себе при благоприятных условиях, все же весьма вероятно, что они часто сохраняются от разрушения в очень засушливые периоды внутри жесткого слоевища на поверхности голых скал.

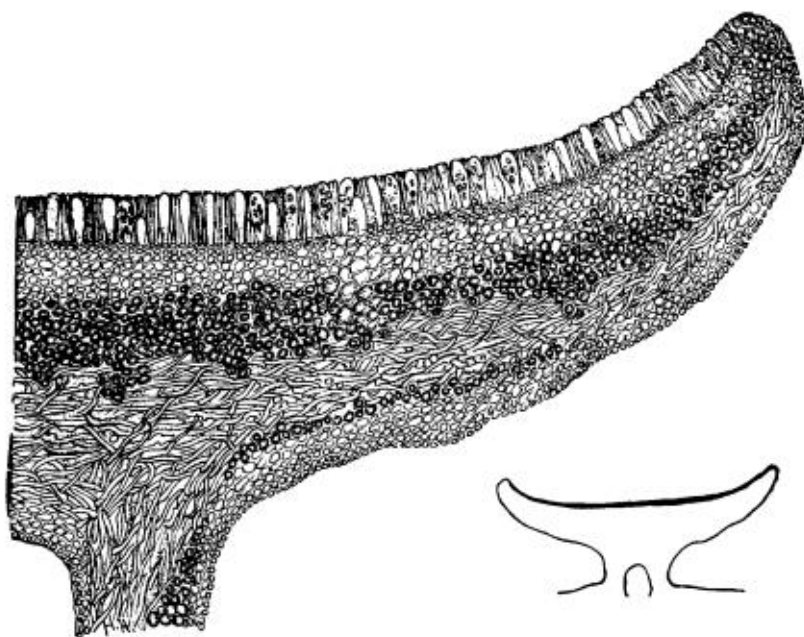


Рис. 86.

Разрез плодового тела или апотеция лишайника (*parmelia*), показывающий аскариды и споры гриба.

ГЛАВА X. КАК РАСТЕНИЯ ДОБЫВАЮТ СЕБЕ ПИЩУ, II.

Рассада.

202. Из некоторых исследований, которые мы провели в связи с прорастанием семян и питанием растения, очевидно, что в жизни семенных растений существует период, в течение которого они способны расти при условии обеспечения их влагой, но могут полностью испытывать недостаток в поступлении каких-либо пищевых веществ извне, хотя мы понимаем, что рост в конечном итоге останавливается, если они не получают питание извне. Следовательно, в связи с изучением питания растения будет полезно изучить некоторые репрезентативные семена и проростки, чтобы более точно узнать способ проращивания и питания проростков в период прорастания.

203. Подготовить семена к проращиванию.— Замочите горсть семян (или больше, если сорт крупный) в воде на 12-24 часа. Возьмите неглубокие глиняные, или обычные тарелки, или проращиватель с рифленным дном. Положите на дно несколько листов бумаги, и, если под рукой есть мох сфагнум, разбросайте его по бумаге. Если мха под рукой нет, сложите верхний слой бумаги в несколько складок. Тщательно смочите бумагу и мох, но не допускайте переизбытка воды. Рассыпьте семена по мху или складкам бумаги. Накройте еще немного влажной бумагой и храните в помещении с температурой от 20 ° C до 25 ° C. За проращивателем следует следить, чтобы бумага не пересыхала. Возможно, потребуется накрыть его другой емкостью, чтобы предотвратить слишком быстрое испарение воды. Проращиватель следует запускать примерно за неделю до того, как саженцы понадобятся для изучения. Часть замоченных семян следует высадить в почву в горшочках и хранить при той же температуре, для сравнения с теми, что выращены в проращивателе.



Рис. 87.

Срез семян кукурузы; в правом верхнем углу каждого - ростки, рядом - семядоли, слева - эндосперм.

204. Строение зерна кукурузы.— Возьмите зерна кукурузы, которые были замочены в воде на 24 часа, и обратите внимание на форму и различие двух сторон (во всех этих исследованиях форма и структура семян, а также стадии прорастания должны быть проиллюстрированы учащимся). Сделайте продольный надрез кукурузного зерна по средней линии, при необходимости сделав несколько надрезов, чтобы получить тот, на котором хорошо видны структуры у меньшего конца зерна. Обратите внимание на следующие структуры: 1—я - твердая внешняя “стенка” (образована из уплотненной стенки завязи с покровами семяпочек - см. Главы [35](#) и [36](#)); 2-я - большая масса крахмала и другой растительной пищи (эндосперм) в центре; 3-я - тело в форме полумесяца (*щиток*), расположенное рядом с эндоспермом и около меньшего конца зерна; 4-я - оставшаяся часть молодого зародыша, расположенная между щитком и семенной оболочкой в центре. депрессия. Когда сделаны хорошие срезы, можно разглядеть корешок на меньшем конце семени и несколько следующих друг за другом листочков (перышко), которые лежат на противоположном конце зародыша и обозначены резко изогнутыми параллельными линиями. Обратите внимание на прикрепление щитка к стебельку в месте соединения

перышка и корешка. Щиток является частью зародыша и представляет собой семядоль. Эндосперм также называется *белком*, и такое семя является *белковым*.

Извлеките зародыш из другого семени и сравните с тем, что показано в разделе.

205. При прорастании кукурузного зерна эндосперм обеспечивает питание для роста зародыша до тех пор, пока корни хорошо не закрепятся в почве, а листья не станут расширенными и зелеными, на этой стадии растение становится способным получать пищу из почвы и воздуха и жить самостоятельно. Крахмал, содержащийся в эндосперме, конечно, не может быть использован эмбрионом в пищу в виде крахмала. Сначала он превращается в растворимую форму, а затем всасывается через поверхность щитка или семядоли и разносится по всем частям эмбриона. Фермент, вырабатываемый эмбрионом, воздействует на крахмал, превращая его в форму сахара, который находится в растворе и, таким образом, может быть усвоен. Этот фермент является одним из так называемых диастатических "ферментов", которые образуются при прорастании всех семян, содержащих пищу, запасенную в виде крахмала. У некоторых проростков эта образовавшаяся диастаза развита в гораздо большем количестве, чем у других, например, у ячменя. Осмотрите зерна кукурузы, все еще прикрепленные к проросткам нескольких недель от роду, и обратите внимание, что большая часть их содержимого уже израсходована. Действие диастазы на крахмал описано в [главе 8](#).

206. Структура семян тыквы.—Семена тыквы имеют плотную бумажную оболочку для защиты зародыша растения внутри. Эта оболочка состоит из оболочек семян. Когда семя раскрывается путем срезания этих оболочек, внутри "мякоти" тыквенного семечка видна "мякоть". Это не что иное, как зародыш растения. Большая часть этого зародыша состоит из двух уплощенных телец, которые в настоящее время более заметны, чем любая другая часть ростка. Эти два уплощенных тела являются двумя первыми листьями, обычно называемыми *семядолями*. Если мы раздвинем эти семядоли, то увидим, что они соединены с одного конца. Между ними в месте прикрепления находится маленький бутон. Это *перышко*. Перышко состоит из очень молодых листьев на конце стебля, которые будут расти по мере прорастания семени. На другом конце, где семядоли соединяются, находится небольшой выступ, молодой корешок, часто называемый *корешком*.

207. Как зародыш выходит из тыквенного семечка.— Чтобы увидеть, как зародыш выходит из тыквенного семени, мы должны изучить семена, проросшие в складках влажной бумаги или на влажном сфагнуме, а также те, которые были проросшими в земле. Следует выбирать семена, которые представляют несколько различных стадий прорастания.

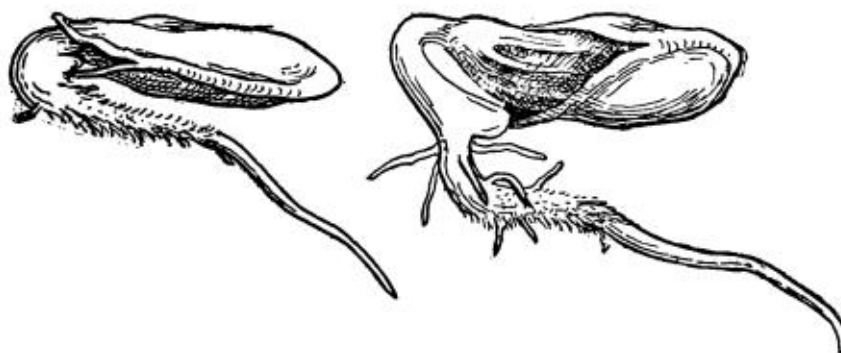


Рис. 88.

Прорастающее семя тыквы, показывающее, как пятка или "колышек" цепляется за семенную оболочку, чтобы сбросить ее.

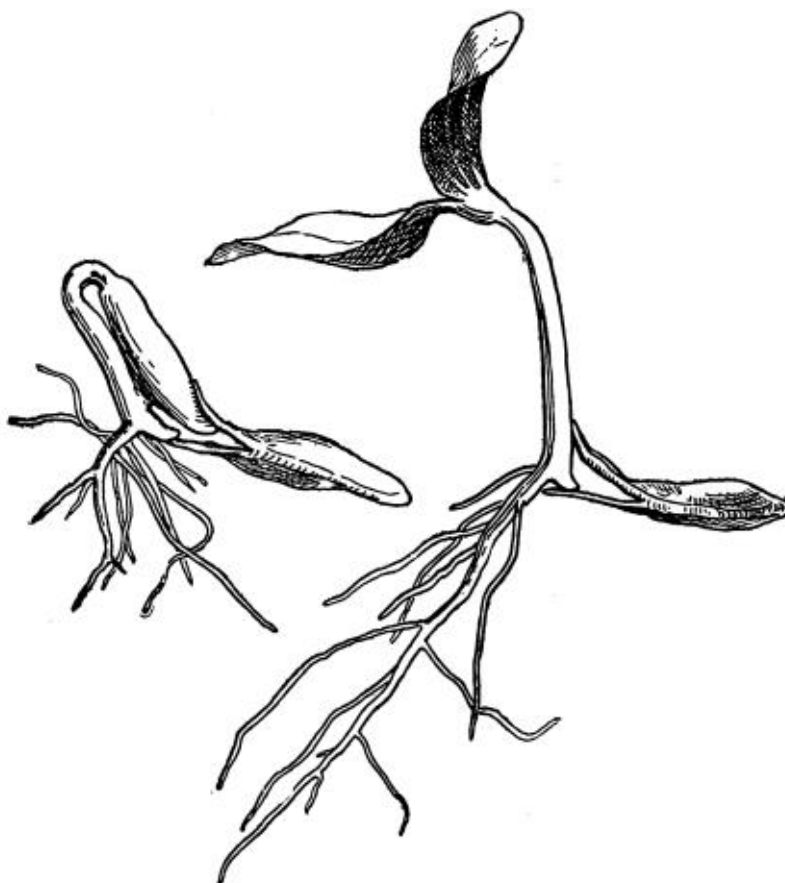


Рис. 89.

Освобождение сеянца тыквы от семенных оболочек.

208. Колышек помогает раздвинуть семенные оболочки.—Корень пробивается наружу между плотными оболочками семян на меньшем конце, а затем поворачивается вниз, если этому не препятствует твердая поверхность. После того, как корень достигнет длины 2-4 см и две половинки семенных оболочек начнут раздвигаться, если мы посмотрим в эту щель на стыке корня и стебля, мы увидим, что один конец семенной оболочки зацеплен за пятку, или “колышек”, который для этой цели вырос из стебля. Теперь, если мы рассмотрим тот, который немного более продвинут, мы увидим эту пятку более отчетливо, а также то, что стебель выгибается дугой в сторону от семенных оболочек. Когда стебель выгибается таким образом спинку, он прижимается семядолями к верхней семенной оболочке, но нижняя семенная оболочка зацепляется за эту пятку, и они постепенно раздвигаются. Таким образом, зародыш растения выбирается из-под семенных оболочек. В случае семян, которые посажены глубоко в почву, мы не увидим этого приспособления, пока не закопаемся в землю. Стебель саженца прогибается дугой сквозь почву, вытягивая семядоли вверх на одном конце. Затем он выпрямляется, зеленые семядоли раздвигаются и открывают свои внутренние грани солнечному свету, как показано на [рис. 90](#). Если мы покопаемся в почве, то увидим, что на стебле образуется такая же пятка и что семенные оболочки сбрасываются в почву.

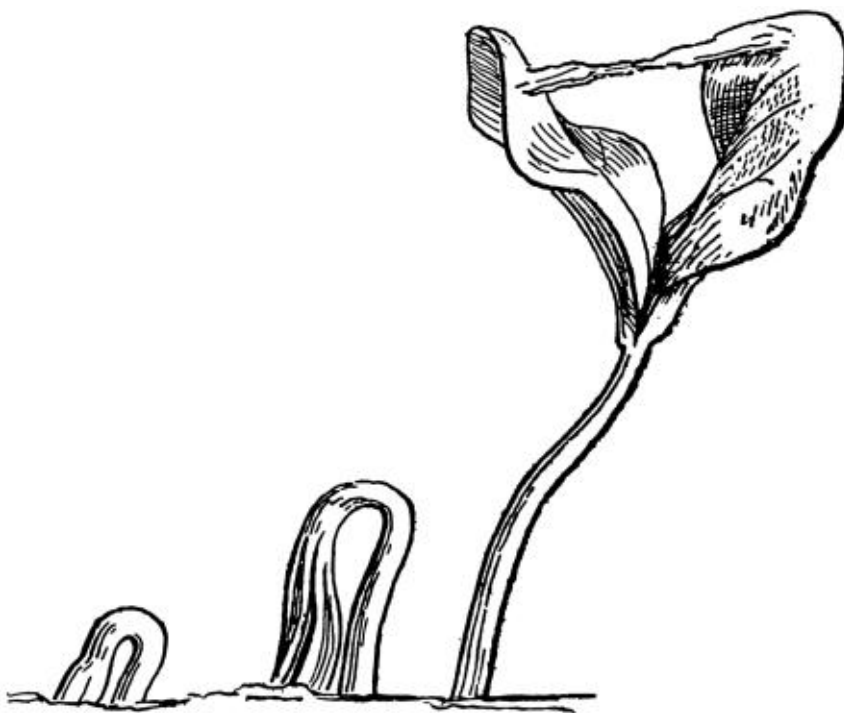


Рис. 90.

Саженец тыквы, поднимающийся из земли.

209. Части саженца тыквы.—Во время прорастания семени все части зародыша увеличиваются. Такое увеличение размеров растения является одной из особенностей роста. Семядоли несколько удлинились и расширились, хотя и не в такой степени, как корень и стебель. Семядоли также позеленели под воздействием света. Очень скоро после выхода главного корня из семенных оболочек начинают формироваться другие боковые корешки, так что вскоре корень становится очень сильно разветвленным. Главный корень с его ответвлениями составляет корневую систему саженца. Между расширенными семядолями виднеется перышко. Она несколько увеличилась, но не так сильно, как корень или та часть стебля, которая простирается ниже семядолей. Эта часть стебля, то есть та, что находится ниже семядолей и простирается до начала корня, у всех проростков называется *гипокотилем*, что означает “ниже семядоли”.

210. Обыкновенная садовая фасоль.—Обыкновенная садовая фасоль, или лимская фасоль, может быть использована для изучения. Садовая фасоль не такая сплюснутая или уширенная, как лимская. Она округло-сжатая, удлиненно-слегка изогнутая, слегка вогнутая с одной стороны и выпуклая с другой, а концы закруглены. В середине вогнутой стороны обратите внимание на отчетливый рубец (бугорок), образовавшийся там, где семя фасоли отделяется от прикрепления к стенке стручка. На одной стороне этого шрама есть небольшое выступание, которое продолжается на небольшом расстоянии к концу боба в виде небольшого гребня. Это *шип*, представляющий ту часть ножки семяпочки, которая соединяется с стороной семяпочки, когда последняя загибается относительно нее (см. [Главу 36](#)), а на внешнем конце шва находится *халаза*, точка, где ножка соединяется с концом семяпочки, что лучше всего видно на прямой семяпочке. На противоположной стороне шрама и рядом с ним можно увидеть небольшое углубление, *микропиль*. Под оболочкой семени и между этой точкой и концом семени находится *зародыш*, который придает бобу большую выпуклость в этом месте, но особенно она заметна после того, как боб замочен в воде. Замочите бобы в воде, и по мере того, как они набухают, обратите внимание, что оболочка семян набухает быстрее, чем внутренняя часть семян, из-за чего они странным образом сморщиваются, но в конце концов внутренняя часть набухает и снова заполняет

оболочку семян. Нарисуйте боб, показывающий все внешние особенности как сбоку, так и спереди. Разрежьте одну вдоль и нарисуйте ту половину, к которой прикрепляется зародыш, отметив молодой корень, стебель и маленькие листочки, которые лежали между семядолями. Сейчас здесь нет эндосперма, поскольку весь он был израсходован при росте эмбриона, и большая часть его вещества скопилась в семядолях. Когда семя прорастает, молодое растение получает свою первую пищу из того, что хранится в семядолях. Гипокотиль удлиняется, становится сильно изогнутым и, наконец, выпрямляется, отрывая семядоли от почвы. Когда семядоли подвергаются воздействию света, они приобретают зеленый цвет. Часть запасенной в них пищи идет на питание эмбриона во время прорастания, и поэтому они становятся меньше, несколько сморщиваются и, наконец, опадают.

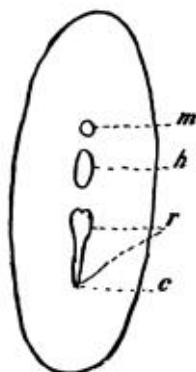


Рис. 91.

Огородная фасоль. *m* - микропиль; *h* - бугорок или рубец; *r* - рафа; *c* - точка, где находится халаза.

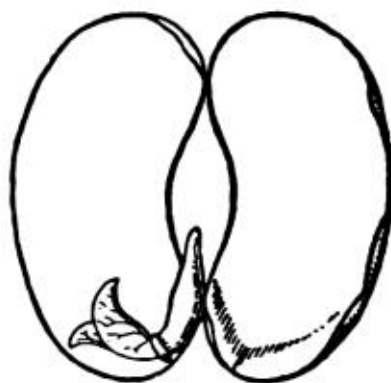


Рис. 92.

Семена фасоли раскалываются, показывая ростки.

211. Бобы с касторовым маслом.—Это не настоящая фасоль, поскольку она принадлежит к совсем другому семейству растений (Молочайные). При прорастании этого семени можно провести очень интересное сравнение с прорастанием садовой фасоли. По мере набухания “боба” очень жесткая внешняя оболочка обычно раскрывается на свободном конце и соскальзывает на конце плодоножки. Следующая внутренняя оболочка, тоже жесткая и блестяще-черная, распадается на противоположном конце, то есть на конце ножки. Обычно он раскрывается в виде трех ребер. Далее во внутреннем покрове находится очень тонкая беловатая пленка (остатки нуцеллуса, соответствующая перисперму), которая сморщивается и разрыхляется от находящейся внутри белой массы, эндосперма. Таким образом, в касторовых бобах эндосперм не весь поглощается эмбрионом во время

формирования семени. По мере взросления растения мы должны отметить, что мясистый эндосперм становится все тоньше и тоньше, и, наконец, не остается ничего, кроме тонкой беловатой пленки, покрывающей зеленые грани семядолей. Эндосперм постепенно поглощается прорастающим растением через его семядоли и используется в пищу.



Рис. 93.

Как садовая фасоль появляется из земли. Сначала петлевидный гипокотиль, затем вытягиваются семядоли, затем сбрасывается семенная оболочка, и, наконец, растение становится прямостоячим, с толстыми семядолями, расширяющимися листьями и перышком между ними.

Аризема трехцветная.^[15]

212. Прорастание семян тыквы.—Завязи джека-в-пульпите образуют крупные ярко-красные ягоды с мягкой мякотью, заключающей в себе от одного до нескольких крупных семян. Семена овальной формы. Их прорастание интересно и иллюстрирует один из типов прорастания семян, распространенных среди однодольных растений. Если семена засыпать песком и хранить во влажном месте, они легко прорастут.

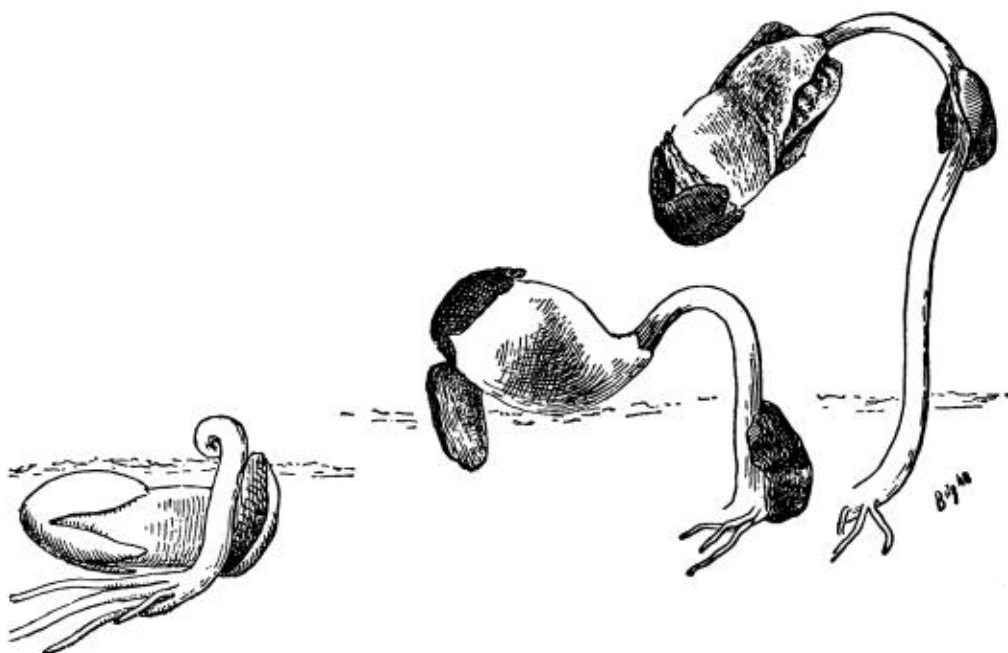


Рис. 94.
Проращание касторовых бобов.

213. Как зародыш выходит из семени.—Зародыш находится внутри массы эндосперма; конец корня, рядом с меньшим концом семени. Булавовидная семядоль находится примерно в середине семени, плотно окруженная со всех сторон эндоспермом. Ножка, или черешок, семядоли, как и нижняя часть черешка листьев, представляет собой полый цилиндр и содержит молодые листья и растущий конец стебля или почки. Когда начинается проращание, ножка, или черешок, семядоли удлиняется. Это выталкивает корневой конец зародыша на маленьком конце семени. Свободный конец зародыша теперь несколько увеличивается, как видно на рисунках, и становится луковицей, или клубнелуковицей, молодого растения. Сначала корней не видно, но через короткое время на увеличенном конце появляются один, два или более корней.

214. Сечение эмбриона.—Если мы сделаем продольный срез эмбриона и семени в это время, мы сможем увидеть, как булавовидная семядоль плотно окружена эндоспермом. Таким образом, через семядоль питание из эндосперма легко передается растущему эмбриону. В полый части черешка рядом с луковицей виден первый лист.

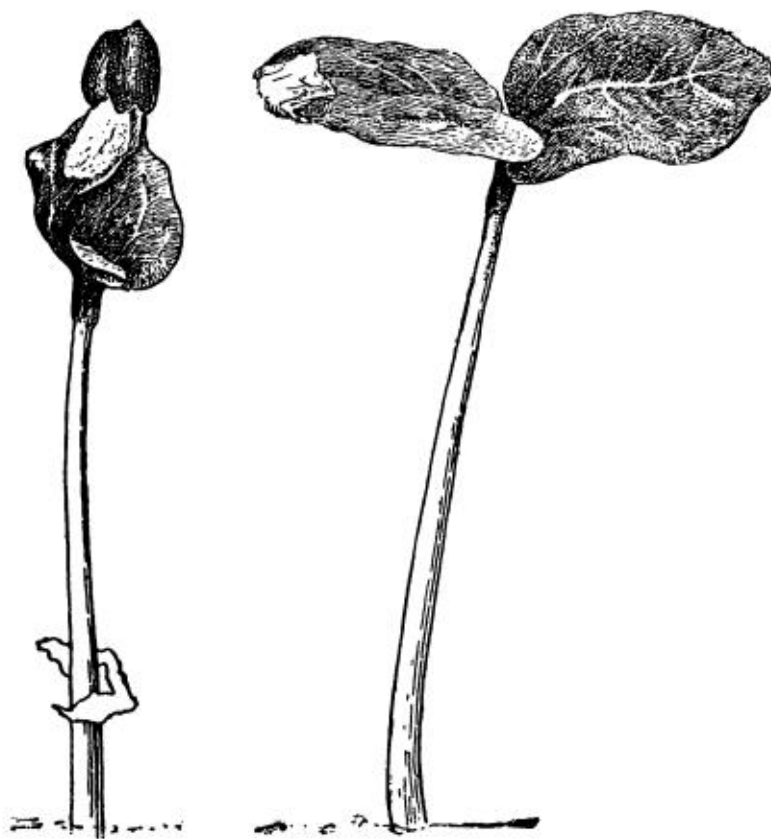


Рис. 95.

Проростки касторовых бобов сбрасывают семенную оболочку и демонстрируют бумажные остатки эндосперма.

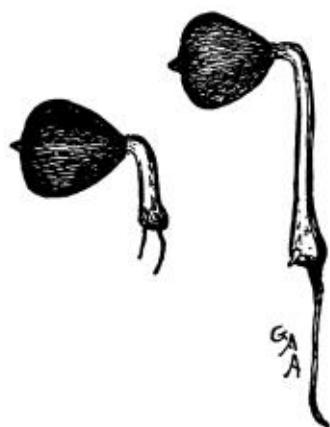


Рис. 96.

Саженьцы джека-на-кафедре; зародыш выходит из семени.

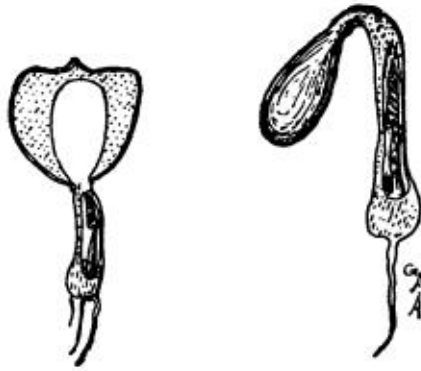


Рис. 97.

Срез прорастающих зародышей джека-в-пульпите, на котором видны молодые листья внутри черешка семядоли. Слева показана семядоль, окруженная эндоспермом в семени; справа эндосперм удален, чтобы показать семядоль булавовидной формы.

215. Как появляется первый лист.— Когда зародыш выходит из семени, он опускается в почву, если только семя не лежит так, что выталкивается прямо вниз. На верхней стороне образовавшейся таким образом дуги, в черешке семядоли, появляется щель, и через это отверстие выходит первый лист. Петелька черешка выходит первой, а лист - позже, как показано на [рис. 98](#). Теперь черешок постепенно выпрямляется, и по мере его удлинения лист расширяется.



Рис. 98.

Саженцы тыквы, первый лист выгибается дугой из черешка семядоли.

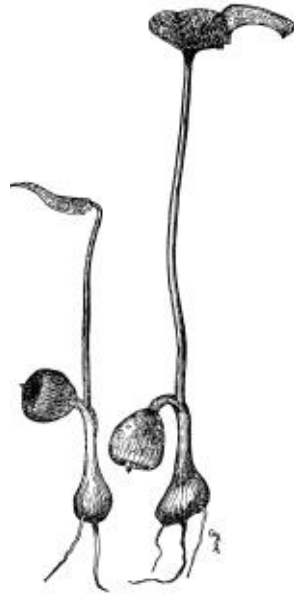


Рис. 99.

Зародыши jack-in-the-pulpit, все еще прикрепленные к эндосперму в семенных оболочках и демонстрирующие простой первый лист.



Рис. 100.

Сеянец джека-в-пульпите; срез эндосперма и семядоли.

216. Первый лист "джека-за-кафедрой" очень прост.—Первый лист зародышевого черенка сильно отличается по форме от листьев, которые мы привыкли видеть на зрелых растениях. Если бы мы не знали, что он произошел из семени этого растения, мы бы его не узнали. Он простой, то есть состоит из одной пластинки, а не из трех листочков, как у сложного листа взрослого растения. Простой лист яйцевидной формы с широким основанием в форме сердца. Таким образом, жак-в-кафедре, как и триллиум, и некоторые другие однодольные растения, у которых на зрелых растениях сложные листья, в период эмбрионального развития имеют простые листья. Предполагается, что у предковых однодольных растений были простые листья. Таким образом, в эмбриональном развитии

джека-на-кафедре и других видов со сложными листьями происходит своего рода повторение эволюционной истории листа у этих форм.

216a. Прорастание гороха.—Сравните с фасолью. Особо обратите внимание, что семядоли не приподняты над почвой, как у фасоли. Сравните прорастание желудей.

Пищеварение.

216b. Для проверки сохранности пищевых веществ в исследуемых проростках.Тыква, патиссоны и касторовые бобы являются примерами так называемых маслянистых семян, поскольку в протоплазме семядолей накапливается значительное количество масла. Чтобы проверить это, удалите небольшую часть вещества из семядолей тыквы и раздавите его на стеклянной пластинке с добавлением одной-двух капель осминовой кислоты.^[16] Наденьте защитное стекло и изучите с помощью микроскопа. Черное аморфное вещество указывает на присутствие нефти в протоплазме. Маленькие тельца, окрашенные в желтый цвет, представляют собой *зерна алейрона*, разновидности белка или белковой субстанции. Как масло, так и белковое вещество используются рассадой в процессе прорастания. Масло преобразуется в доступную пищевую форму под действием фермента под названием *липаза*, который расщепляет жирное масло на глюкозу и другие вещества. Липаза была обнаружена в эндосперме касторового масла, кокосового ореха и семядолей тыквы, а также в других семенах, содержащих масло в качестве запасаемого продукта. Алейрон становится доступным благодаря ферменту, похожему на трипсин. Таким же образом протестируйте эндосперм касторовых бобов. Сделайте еще один тест с добавлением йода как из тыквы, так и из семян клещевины, чтобы убедиться в отсутствии крахмала.

Обработайте семядоли фасоли йодом на наличие крахмала. Если эндосперм семян кукурузы не был протестирован, сделайте это сейчас с йодом. Эндосперм состоит в основном из крахмала. Крахмал превращается в глюкозу с помощью диастатической "закваски", образующейся в проростке по мере его прорастания. Сделайте тонкий поперечный срез пшеничного зерна, включая семенную оболочку и часть внутренней части, обработайте йодом и возьмите на борт для микроскопического исследования. Обратите внимание на обилие крахмала во внутренней части эндосперма. Обратите внимание на слой клеток снаружи частей крахмала, заполненный мелкими телцами, окрашивающимися в желтый цвет. Это зерна алейрона. Целлюлоза в клеточных стенках эндосперма растворяется другим ферментом, называемым *цитазой*, и некоторые растения запасают целлюлозу для употребления в пищу. Например, в эндосперме *финика* стенки клеток очень сильно утолщены и покрыты косточками. Клеточные стенки состоят из резервной целлюлозы, и саженец использует ее в пищу во время роста.

216с. Белковые и обезжиренные семена.—Семена, в которых пища хранится вне зародыша, называются *белковыми*; например, кукуруза, пшеница и другие злаки, индийская репа и т.д. Те семена, в которых в зародыше содержится пища, называются *высокоальбуминными*; например, фасоль, горох, тыква, патиссоны и т.д.

217. Переваривание имеет четко определенное значение в физиологии животных и относится к преобразованию твердой пищи, обычно находящейся в желудке, в растворимую форму под действием определенных желудочных соков, так что жидкая пища может всасываться в кровеносную систему. Этот термин не часто применяется в физиологии растений, поскольку способ получения пищи у растений и животных в целом принципиально различен. Обычно он применяется к процессу превращения крахмала в некоторую форму сахара в растворе, такую как глюкоза и т.д. Мы обнаружили, что это

происходит в листьях, особенно ночью, под действием диастатической закваски, которая в темноте вырабатывается в большем количестве. В результате крахмал, образующийся в листьях в течение дня, ночью переваривается и превращается в сахар, в этой форме он переносится в растущие части для использования в создании новых тканей или хранится для будущего использования; в других случаях он соединяется с определенными неорганическими веществами, поглощается корнями и поднимается на лист, образуя протеиды и другие органические вещества. В клубнях, семенах, частях стеблей или листьев, где хранится крахмал, он должен быть сначала "переварен" под действием какого-либо фермента, прежде чем может быть использован в пищу прорастающими клубнями или семенами.

Например, крахмал превращается в глюкозу под действием диастазы. Целлюлоза превращается в глюкозу под действием цитазы. Альбуминоиды превращаются в доступные продукты питания с помощью триптофановой закваски. Жирные масла превращаются в глюкозу и другие продукты с помощью липазы.

Инулин, углевод, тесно связанный с крахмалом, запасается для употребления в пищу в виде раствора во многих сложных растениях, таких как артишок, корневой клубень георгина и др. При употреблении в пищу растущим растением он превращается в глюкозу с помощью фермента инулазы. Отрежьте часть клубня георгина или артишока и обработайте спиртом. Инулин осаждается в виде сферокристаллов. (См. также пункты [156-161](#) и [216b](#).)

218. Затем существуют определенные грибы, которые питаются крахмалом или другими органическими веществами, независимо от того, находятся они в организме хозяина или нет, которые выделяют определенные ферменты для растворения крахмала и т.д., Чтобы перевести его в растворимую форму, прежде чем они смогут поглощать его как пищу. Такой процесс является своего рода *внеклеточным перевариванием*, то есть организм выделяет фермент и переваривает твердую пищу снаружи, поскольку он не может принимать пищу внутри своих клеток в твердой форме. В определенной степени высшие растения осуществляют также внеклеточное переваривание при воздействии выделения корневых волосков на нерастворимые вещества, а также в случае гумусовых сапрофитов. Но для них растворимая пища в основном готовится под действием кислот и т.д., Содержащихся в почве или воде, или под действием грибов и бактерий, как описано в [главе 9](#).

219. Ассимиляция.—В физиологии растений термин "ассимиляция" в основном используется для обозначения процесса ассимиляции углекислого газа (= фотосинтеза). Были выдвинуты некоторые возражения против использования здесь ассимиляции как одного из жизненных процессов растения, поскольку стадии ее зарождения обусловлены совместным действием света, внешнего фактора и хлорофилла в растении наряду с живыми хлоропластидами. Однако до тех пор, пока неизвестно, что этот процесс может происходить без помощи живого растения, не представляется уместным отрицать, что это вообще не процесс ассимиляции. Нет необходимости ограничивать термин "ассимиляция" образованием нового живого вещества в растительной клетке; он может быть применен также к синтетическим процессам образования углеводов, белков и т.д. и называться синтетической ассимиляцией. Солнце поставляет энергию, которая поглощается хлорофиллом, для расщепления углекислоты, а затем живой хлоропласт путем синтетического процесса ассимилирует углерод, водород и кислород. Тогда этот процесс можно назвать *фотосинтетической ассимиляцией*. Нитритные и нитратные бактерии получают энергию в процессе нитрификации, что позволяет им усваивать CO_2 из воздуха, и это называется *хемосинтетической ассимиляцией*. Неорганический материал в виде минеральных солей, нитратов и т.д., поглощаемый корнем и переносимый к листьям, здесь

встречается с углеводами, вырабатываемыми в листьях. Под влиянием протоплазмы происходит синтез, и в результате соединения солей, нитратов и т.д. С углеводами образуются протеиды и другие органические соединения. Это тоже процесс синтетической ассимиляции. Впоследствии они сохраняются в виде пищи или ассимилируются протоплазмой при образовании новой живой материи, или, возможно, без предварительного процесса синтетической ассимиляции некоторые из неорганических солей, нитратов и углеводов, встречающихся в протоплазме, ассимилируются в новую живую материю напрямую.

ГЛАВА XI. ДЫХАНИЕ.

220. Один из чрезвычайно интересных жизненных процессов растений, который в точности совпадает с одним из жизненных процессов животных, легко продемонстрировать несколькими способами.

221. Простой эксперимент, демонстрирующий эволюцию CO_2 в процессе прорастания.—Там, где много студентов и нет под рукой большого количества цилиндров, возьмите бутылки емкостью в пинту и положите на дно немного гороха, замоченного на 12-24 часа. Накройте стеклянную пластину, смазанную вазелином, чтобы горлышко бутылки плотно прилегало. Поставьте в теплое место на 24 часа. Затем сдвиньте стеклянную пластину немного в сторону и быстро налейте немного воды *baruta*, чтобы она стекала по внутренней стороне бутылки. Снова закройте бутылку. Обратите внимание на осадок карбоната бария, который указывает на присутствие CO_2 в бутылке. Опустите зажженную свечу. Она гаснет из-за большого количества CO_2 . Если доступны цветочные почки, положите по небольшой горсти в каждую из нескольких банок и обработайте так же, как в случае с горошком. Молодые растущие грибы также отлично подходят для этого эксперимента и служат доказательством того, что в грибах происходит дыхание.



Рис. 101.

Проверьте наличие углекислого газа в емкости с пророщенным горохом. (Сакс.)

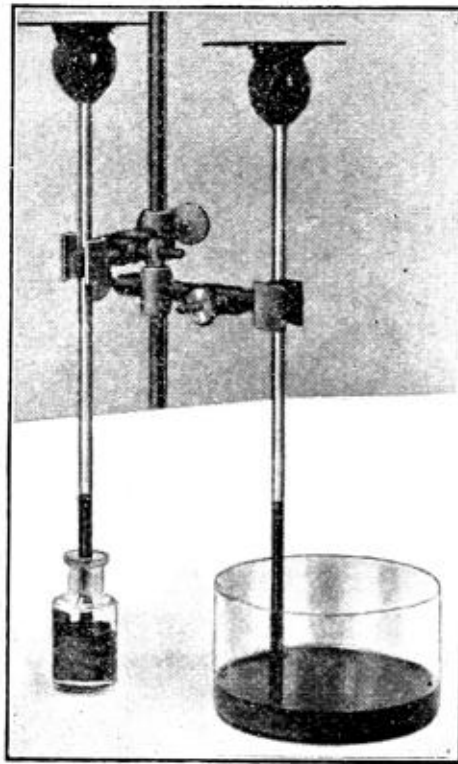


Рис. 102.

Аппарат для демонстрации дыхания прорастающей пшеницы.

222. Если мы теперь возьмем немного воды барита и подуем на нее своим “дыханием”, образуется такая же пленка. Углекислый газ, который мы выдыхаем, поглощается баритовой водой и образует карбонат бария, точно так же, как в случае с горохом. В случае животных процесс, посредством которого кислород поступает в организм и выделяется углекислый газ, называется *дыханием*. Процесс у растений, который мы сейчас изучаем, такой же, как и дыхание. В процессе частично израсходовался кислород в сосуде и выделился углекислый газ. (Будет видно, что этот процесс прямо противоположен тому, который имеет место при ассимиляции углекислого газа.)

223. Чтобы показать, что кислород из воздуха расходуется при дыхании растений.—Замочите немного пшеницы на 24 часа в воде. Достаньте его из воды и положите в складки влажной ткани или бумаги во влажный сосуд. Дайте ему постоять, пока он не начнет прорасти. Заполните луковицу трубочки чертополоха пророщенной пшеницей. С помощью подставки и зажима поддержите трубку в вертикальном положении, как показано на [рис. 102](#). Опустите тонкий конец тюбика в крепкий раствор едкого поташа (одна палочка едкого поташа на две трети стакана воды), в который добавлены красные чернила для придания темно-красного цвета. Поместите небольшую стеклянную пластинку поверх края луковицы и плотно закройте ее большим количеством вазелина. Две пробирки можно поместить в один сосуд, или вторую можно поместить в крепкую воду барита, окрашенную таким же образом.

224. Результат.—Будет видно, что раствор едкого поташа медленно поднимается в трубке; вода барита также будет подниматься, если ее использовать. Раствор окрашен таким образом, чтобы его было хорошо видно на некотором расстоянии от стола по мере того, как он поднимается в тюбике. В эксперименте, из которого был сделан рисунок для прилагаемой иллюстрации, раствор поднялся за 6 часов до высоты, показанной на [рис. 102](#). За 24 часа он поднялся на высоту, показанную на [рис. 103](#).

225. Почему раствор едкого калия поднимается в пробирке.—Поскольку воздух не может попасть в трубку для чертополоха ни сверху, ни снизу, должно быть, какая-то часть воздуха, находящегося внутри трубки, израсходована во время прорастания пшеницы. Из нашего исследования прорастающего гороха мы знаем, что при дыхании выделяется удушающий газ - углекислый газ. Едкий раствор калия или баритовая вода, в зависимости от того, что используется, поглощает углекислый газ. Углекислый газ тяжелее воздуха, поэтому он оседает в трубке, где может быть поглощен.

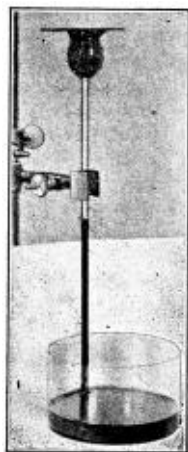


Рис. 103.

Аппарат для демонстрации дыхания прорастающей пшеницы.

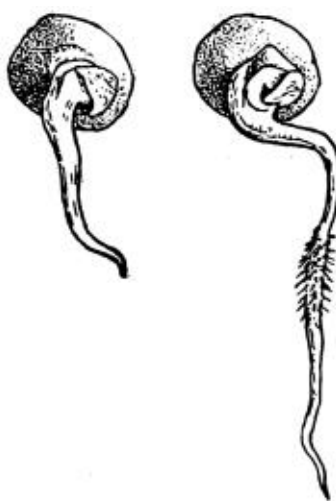


Рис. 104.

Проростки гороха; у того, что слева, не было кислорода, и рост был незначительным, у того, что справа, был кислород, и рост был очевиден.

226. Откуда берется углекислый газ?—Мы знаем, что он поступает из растущих саженцев. Символом диоксида углерода является CO_2 . Углерод поступает с завода, потому что в воздухе его недостаточно. Азот не может соединяться с углеродом с образованием CO_2 . Некоторое количество кислорода из воздуха или протоплазмы растущих проростков (более вероятно последнее) соединяется с некоторым количеством углерода растения. Они отрываются от своей связи с живой субстанцией и объединяются, образуя CO_2 . Кислород, поглощаемый растением из воздуха, соединяется с живым веществом или, возможно, сначала с пищевыми веществами, и из них растение пополняется углеродом и кислородом. После демонстрации снимите стеклянную пластину, закрывающую пробирку с расторопшей

сверху, и налейте в нее небольшое количество воды baryta. Образовавшийся белый осадок служит еще одной иллюстрацией того, что выделяется углекислый газ.

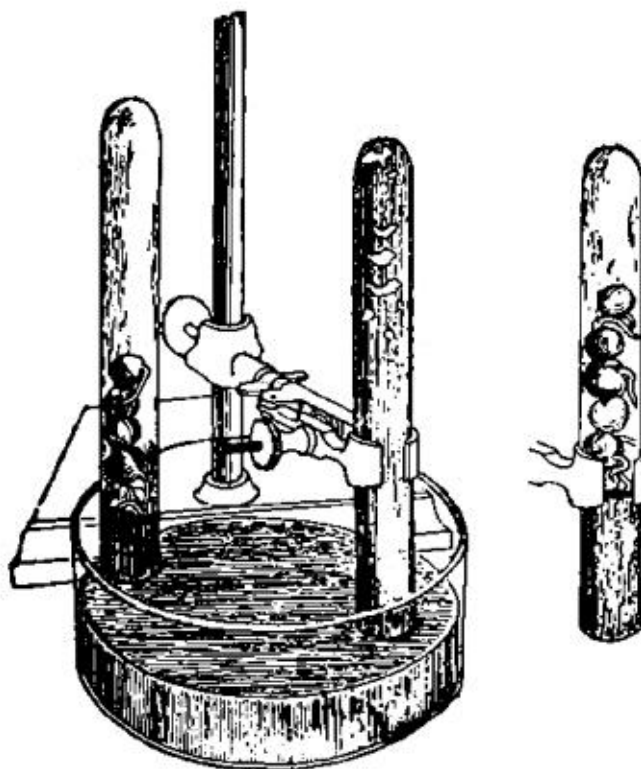


Рис. 105.

Проведите эксперимент, чтобы показать, что рост происходит быстрее в присутствии кислорода, чем в его отсутствие. Две трубки в сосуде отражают состояние в начале эксперимента. В конце эксперимента корни в пробирке слева были длиннее, чем в пробирке, заполненной в начале ртутью. Трубка снаружи сосуда отражает состояние вещей, при котором горох рос в отсутствие кислорода; выделяющийся углекислый газ вытеснил часть ртути. Это также показывает *анаэробное* дыхание.

227. Дыхание необходимо для роста.—После проведения эксперимента, описанного в параграфе 221, если сосуд не был открыт слишком долго, чтобы в него попал кислород, мы можем использовать сосуд для другого эксперимента или установить новый, который будет использоваться в течение 12-24 часов, после того как будет израсходовано некоторое количество кислорода. Положите немного сложенной влажной фильтровальной бумаги на прорастающий горошек в банке. На это положите полдюжины только что проросших горошин, у которых корешки имеют длину около 20-25 мм. Емкость следует снова плотно закрыть и поставить в теплое помещение. В качестве проверки следует установить вторую банку с водой на дне вместо проросшего горошка. Влажную сложенную фильтровальную бумагу следует поддерживать над водой, а на нее положить полдюжины горошин с корешками той же длины, что и в банке с углекислым газом.

228. Через 24 часа осмотрите и отметьте, насколько сильно произошел рост. Будет видно, что в первой банке корни удлинились, но очень мало или вообще отсутствовали, в то время как во второй мы видим, что корни значительно удлинились, если эксперимент был проведен тщательно. Следовательно, в атмосфере, лишенной кислорода, будет происходить очень слабый рост, что показывает, что для роста необходимо нормальное дыхание с доступом кислорода (аэробное дыхание).

229. Другой способ проведения эксперимента.— При желании мы можем использовать следующий эксперимент вместо простого, указанного выше. Замочите горсть гороха в воде на 12-24 часа и прорастите, чтобы получилось двенадцать горошин с корешками длиной 20-25 мм. Наполните пробирку ртутью и осторожно переверните ее в сосуде со ртутью так, чтобы в верхнем конце не было воздуха. Теперь наполните еще одну пробирку и переверните таким же образом. В последней останется немного воздуха. Снимите с горошин внешние покровы, чтобы в пробирку, наполненную ртутью, не попадал воздух, и вставляйте их по одному под край пробирки под ртутью, по шесть в каждую пробирку, предварительно измерив длину корешков. Поместите в теплое помещение. Через 24 часа измерьте количество корней. Те, что на воздухе, значительно вырастут, в то время как те, что в другой пробирке, вырастут незначительно или вообще не вырастут.

230. Анаэробное дыхание.— Последний эксперимент также отлично демонстрирует *анаэробное* дыхание. В пробирке, заполненной ртутью так, что при переворачивании в ней не будет воздуха, через 24 часа будет видно, что в пробирке скопился газ, который вытеснил часть ртути. С помощью промывочной бутылки с правильно изогнутой выходной трубкой в пробирку можно налить немного воды. Затем вставьте под нее небольшой кусочек едкого калия. При этом образуется раствор калия, и газ будет частично или полностью поглощен. Это показывает, что газ был двуокисью углерода. Это выделение углекислого газа живыми растениями при отсутствии доступа кислорода называется анаэробным дыханием (иногда называемым внутримолекулярным дыханием). Это заметно в маслянистых семенах и особенно в дрожжевых растениях.



Рис. 106.

Тест на выделение углекислого газа из листьев растений при дыхании. Налейте воду в меньший сосуд. (Sachs.)

231. Энергия, высвобождаемая во время дыхания.— Из того, что мы узнали об обмене газами во время дыхания, мы делаем вывод, что растение теряет углерод во время этого процесса. Если процесс дыхания приносит какую-либо пользу растению, должен быть некоторый выигрыш в каком-то направлении, чтобы компенсировать растению происходящую потерю углерода.

Экспериментально можно показать, что во время дыхания происходит небольшое повышение температуры в тканях растения. Затем растение получает некоторое количество тепла во время дыхания. Энергия также проявляется в росте.

232. Дыхание у листового растения.—Мы можем взять комнатное растение с хорошо развитой листовой поверхностью и поместить его в плотно закрывающуюся стеклянную банку. Под стеклянную банку также следует поместить небольшой сосуд с баритовой водой. Следует установить аналогичное устройство, но без установки, которое служило бы проверкой. Эксперимент должен проводиться в помещении, которое не часто посещают люди, иначе углекислый газ, образующийся в помещении в результате дыхания, сведет на нет эксперимент. Стеклянная банка с растением должна быть накрыта черной тканью, чтобы предотвратить усвоение углерода. В течение 10 или 12 часов, если все сработало должным образом, в воде барута под банкой с растением появится пленка карбоната бария, в то время как в другой банке ее не будет видно. Таким образом, дыхание происходит как в листовом растении, так и в прорастающих семенах.

233. Дыхание у грибов.—Если доступно несколько крупных, активно растущих грибов, поместите их в высокую стеклянную банку, как описано для определения дыхания у прорастающего горошка. В течение 12 часов проведите тест с зажженной свечой и баритовой водой. Дыхание происходит как у грибов, так и у зеленых растений.

234. Дыхание у растений в целом.—Дыхание является общим для всех растений, хотя и не универсальным. Есть некоторые исключения для низших растений, особенно для некоторых бактерий, которые могут расти и процветать только в отсутствие кислорода.

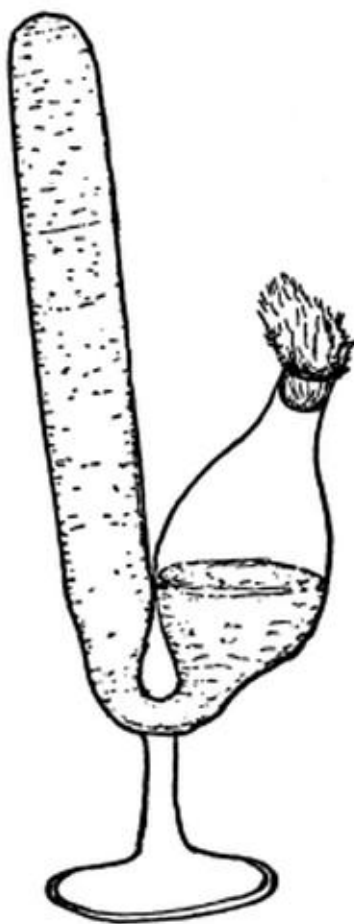


Рис. 107.

Ферментационная трубка с культурой дрожжей.

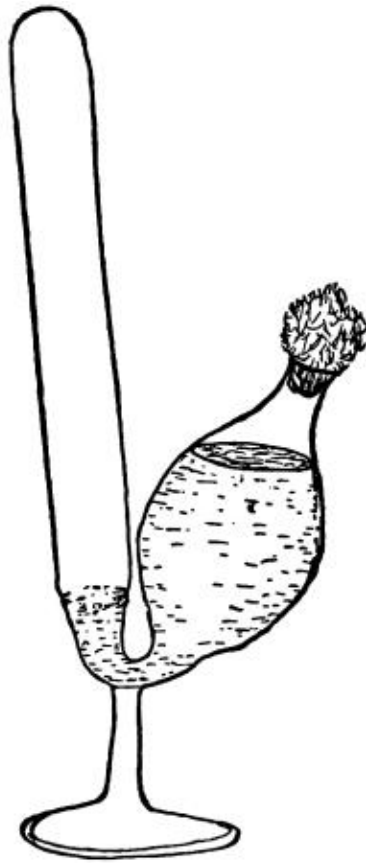
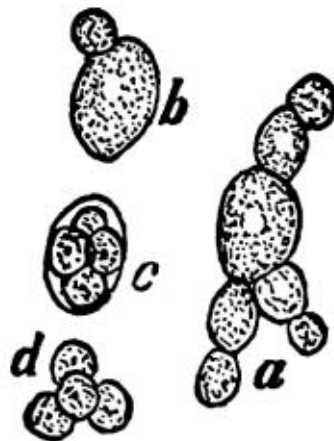


Рис. 108.

Трубка для брожения, заполненная CO_2 от действия дрожжей в растворе сахара.

235. Дыхание - процесс распада.—Мы видели, что при дыхании растение поглощает кислород и выделяет углекислый газ. Мы должны попытаться отметить некоторые эффекты дыхания на растение. Возьмем, скажем, две дюжины сухих горошин, взвесим их, замочим на 12-24 часа в воде и в складках ткани, которые сохраняют влажность, накрыв влажной бумагой или сфагнумом, прорастим их. Когда они хорошо прорастут и до появления зеленого цвета, хорошо высушите их на солнце или при искусственном нагревании, стараясь не обжечься. Цель должна заключаться в том, чтобы они были примерно такими же сухими, какими семена были до прорастания. Теперь взвесьте. Пророщенные семена весят меньше, чем сухой горох. Затем произошла потеря растительного вещества во время дыхания.



Дрожжи. *Saccharomyces cerevisiae*. *a*, небольшая колония; *b*, почкование одиночной клетки; *c*, одиночная клетка, образующая аску с четырьмя спорами; *d*, споры свободны от аски. (После Риса.)

236. Брожение дрожжей.—Возьмите две пробирки для брожения. Наполните закрытые трубочки каждой из них слабым раствором виноградного сахара или картофельным отваром, оставив открытую луковицу почти пустой. В жидкость из одного из тубиков положите кусочек прессованных дрожжей размером с горошину. Если пробирки выдержать в теплом месте в течение 24 часов, то в той пробирке, в которую были помещены дрожжи, могут появиться пузырьки газа, в то время как во второй пробирке такие пузырьки не появляются, особенно если наполненные пробирки сначала стерилизовать. Пробирки можно держать до тех пор, пока первая полностью не заполнится газом. Теперь растворите в жидкости небольшой кусочек едкого калия. Вскоре газ начнет всасываться, и жидкость будет подниматься, пока снова не заполнит пробирку. Газом был диоксид углерода, который в основном вырабатывался при анаэробном дыхании быстро растущих дрожжевых клеток. При выпечке хлеба этот газ образуется в значительных количествах, и, поднимаясь через тесто, он заполняет в нем многочисленные полости, содержащие газ, так что хлеб “поднимается”. При выпекании высокая температура приводит к тому, что газ в полостях сильно расширяется. Это приводит к тому, что хлеб больше “поднимается”, и в таком виде он получается “легким”. Есть два особых процесса, сопровождающих ферментацию дрожжами: 1-й - выделение углекислого газа, как показано выше; и 2-й - образование спирта. Лучшей иллюстрацией этого второго процесса является приготовление пива, где для “варки пива” используется форма того же организма, который используется при “выращивании хлеба”.

237. Дрожжевой завод.—Перед помещением едкого поташа в пробирку следует взять немного ферментированной жидкости для исследования дрожжевого растения, если только для этой цели не созданы отдельные культуры. Нанесите каплю ферментированной жидкости на стеклянную пластинку, накройте ее покровным стеклом и изучите под микроскопом. Обратите внимание на мелкие овальные клетки с зернистой протоплазмой. Это дрожжевое растение. Обратите внимание на небольшой “бутон” с одной стороны на конце. Эти бутоны увеличиваются в размере и отделяются от материнского растения. Дрожжевое растение одноклеточное и размножается “почкованием” или “прорастанием”. Это гриб, а некоторые виды дрожжей, подобные нынешним, не образуют никакого мицелия. При определенных условиях, которые не очень благоприятны для роста (например, когда дрожжи выращивают в слабом питательном веществе на тонком слое гипсовой парижской плиты), во многих дрожжевых клетках образуется несколько спор. После периода покоя эти споры прорастут и снова произведут дрожжевое растение. Из-за этого своеобразного спорообразования некоторые относят дрожжи к мешочковым грибам. ([Смотрите классификацию грибов.](#))

238. Организованные ферменты и неорганизованные ферменты.Организм, подобный дрожжевому заводу, который производит ферментацию жидкости с выделением газа и спирта, иногда называют *закваской*, или *ферментным организмом*, или *организованной закваской*. С другой стороны, диастатические ферменты или энзимы, такие как диастаза, така-диастаза, животная диастаза (птиалин в слюне), цитаза и т.д., являются *неорганизованными* ферментами. В случае с ними лучше сказать *энзим* и оставить слово “закваска” для обозначения ферментирующих организмов.

239. Важность зеленых растений в поддержании чистоты воздуха.—При дыхании, особенно животных, воздух имеет тенденцию становиться “загрязненным” из-за

увеличения содержания CO_2 . Зеленые растения, то есть растения с хлорофиллом, очищают воздух во время фотосинтеза, поглощая CO_2 и выделяя кислород. Животные поглощают при дыхании большое количество кислорода и выдыхают большое количество CO_2 . Растения поглощают сравнительно небольшое количество кислорода при дыхании и выделяют сравнительно небольшое количество CO_2 . Но в процессе фотосинтеза они поглощают большое количество CO_2 и выделяют большое количество кислорода. Таким образом, поддерживается баланс между двумя процессами, так что процентное содержание CO_2 в воздухе остается примерно одинаковым, а именно около четырех десятых процента, в то время как в нем содержится примерно 21 часть кислорода и 79 частей азота.

239а. Сравнение дыхания и фотосинтеза.

Образование крахмала или фотосинтез.	Растение поглощает углекислый газ и выделяет кислород. Крахмал образуется в результате обмена веществ, или химических изменений. Этот процесс происходит только в зеленых растениях и в зеленых частях растений, то есть в присутствии хлорофилла. (Исключение составляют пурпурные бактерии.) Процесс протекает только под воздействием солнечного света. Это процесс наращивания, потому что образуется новая растительная субстанция.	
	Дыхание.	Растение поглощает кислород и выделяет углекислый газ. Углекислый газ образуется в результате метаболизма или химических изменений. Этот процесс происходит во всех растениях, независимо от того, содержат они хлорофилл или нет. (Исключение составляют

анаэробные бактерии).

Этот процесс происходит как в темноте, так и при солнечном свете.

Это процесс разрушения, потому что происходит распад растительного вещества.

ГЛАВА XII. РОСТ.

Под ростом обычно подразумевается увеличение массы растения, сопровождающееся, как правило, увеличением содержания растительного вещества. Среди низших растений рост некоторых грибов легко изучается.

240. Рост слизистой оболочки.—Некоторые гонидии (часто называемые спорами) могут быть посеяны в питательный желатин или агар или даже в сливовый сок. Если культура была помещена в теплое помещение, то в течение 24 часов или даже меньше препарат будет готов к исследованию.

241. Форма гонидий.—Будет поучительно, если мы сначала исследуем некоторые гонидии, которые не были посеяны в питательную среду. Мы должны отметить их округлую или шаровидную форму, а также их отметины, если они принадлежат к одному из видов с колючими стенками. Особо следует обратить внимание на размеры и, по возможности, измерить их с помощью микрометра, хотя это и не было бы абсолютно необходимым для сравнения, если сравнение можно провести немедленно. Теперь изучите некоторые гонидии, которые были посеяны в питательную среду. Если они еще не проросли, мы сразу замечаем, что они намного крупнее тех, которые не были погружены во влажную среду.

242. Гонидии впитывают воду и увеличиваются в размерах перед прорастанием.—Из нашего исследования поглощения воды или водных растворов питательных веществ живыми клетками мы можем легко понять причину такого увеличения гонидия слизистой оболочки, когда она окружена влажной питательной средой. Клеточный сок в споре поглощает больше воды, чем теряет при диффузии, таким образом, принудительно вытягивая воду через протоплазматическую мембрану. Поскольку вода плохо отфильтровывается, увеличение количества воды в ячейке создает давление изнутри, которое растягивает мембрану, и эластичная клеточная стенка поддается. Таким образом, гонидий становится больше.

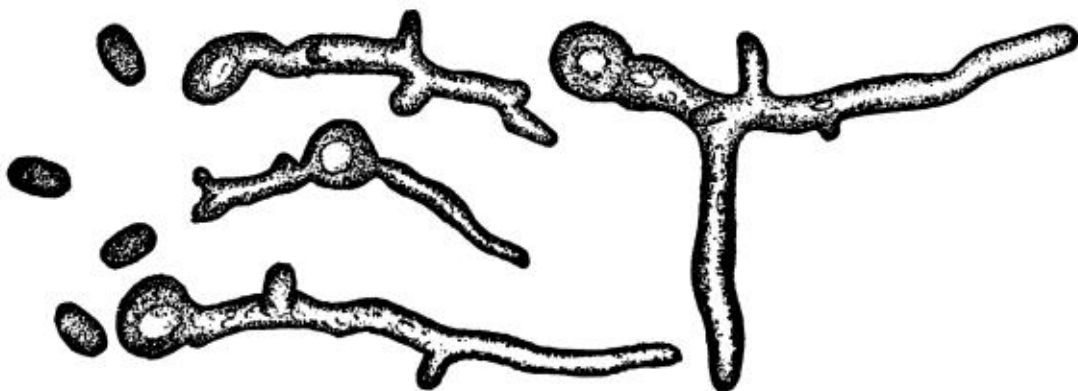


Рис. 109.

Споры мукора и различные стадии прорастания.

243. Как прорастают гонидии.—В это время мы должны обнаружить, что многие гонидии вытянуты с одной стороны в трубкообразный отросток, длина которого меняется в зависимости от времени и температуры. Начавшийся таким образом короткий отросток продолжает удлиняться. Это удлинение растения и есть *рост*, или, точнее говоря, одно из явлений роста.

244. Зародышевая трубка разветвляется и образует мицелий.—Примерно через день из трубки появятся ответвления. Эта разветвленная форма нитей гриба и есть, как мы

помним, мицелий. Мы все еще можем видеть точку, где начался рост гонидия. Возможно, к этому времени из одной пробирки выросло несколько. Нити мицелия вблизи гонидия, то есть более старые их части, увеличились в диаметре по мере удлинения, хотя это увеличение диаметра ни в коем случае не так велико, как увеличение длины. После увеличения до определенной степени в диаметре рост в этом направлении прекращается, в то время как апикальный рост практически неограничен и ограничен только поступлением питательных веществ.

245. Увеличение длины происходит только на конце нити.—Если при первом исследовании культуры на мицелии были какие-либо ответвления, то теперь мы можем видеть, что они остаются практически на том же расстоянии от гонидия, что и при первом формировании. То есть более старые части мицелия не удлиняются. Рост мицелия в длину ограничен концами нитей.

246. Протоплазма увеличивается за счет усвоения питательных веществ.— По мере увеличения массы растения мы отмечаем увеличение содержания протоплазмы, поскольку протоплазму очень легко обнаружить в этих культурах тисог. Это увеличение количества протоплазмы произошло в результате ассимиляции питательного вещества, которое поглотило растение. Увеличение протоплазмы, или образование дополнительного растительного вещества, - это еще одно явление роста, совершенно отличное от удлинения, или увеличения объема.

247. Рост корней.—Для изучения роста корней мы можем взять любое из множества различных растений. Для этой цели превосходно служат проростки таких растений, как горох, фасоль, кукуруза, кабачки, тыква и др.

248. Коренья тыквы.—Семена, примерно горсть, замачивают в воде примерно на 12 часов, а затем помещают между слоями бумаги или между складками ткани, которая должна быть достаточно влажной, но не очень мокрой, и храниться в теплом месте. Для этого хорошо подойдет неглубокая фарфоровая тарелка, на которой семена лежат на влажной фильтровальной бумаге и накрыты дополнительной фильтровальной бумагой, или банка-колпак.

Первичный или первый корешок (корешок) зародыша пробивается наружу между семенными оболочками на маленьком конце. Когда семена хорошо прорастут, выберите несколько, у которых корешок будет длиной 4-5 см. Гусиным пером теперь мы можем пометить конечную часть корня на очень короткие отрезки, как показано на [рис. 110](#). Первая метка должна располагаться на расстоянии не более 1 мм от кончика, а остальные - на расстоянии не более 1 мм. Теперь выложите саженцы на влажную фильтровальную бумагу и накройте стеклянной банкой, чтобы они оставались влажными, а если сезон холодный, поставьте их в теплое помещение. С интервалом в 8 или 10 часов, если удобно, наблюдайте за ними и отмечайте дальнейший рост корня.

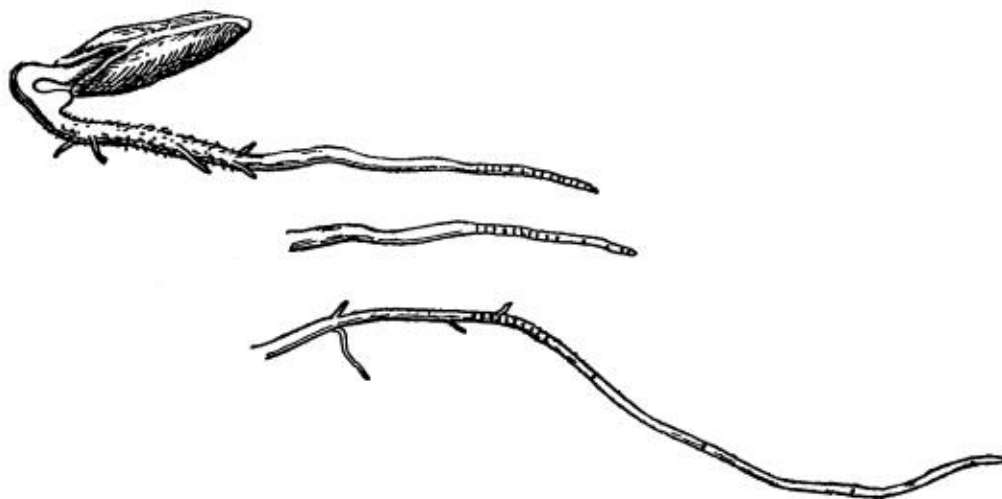


Рис. 110.

Корень прорастающей тыквы, виден участок удлинения сразу за верхушкой.

249. Область удлинения.—Хотя корень удлинился, область удлинения *находится не на кончике корня. Он расположен на небольшом расстоянии от кончика, начиная примерно с 2 мм от кончика и простираясь на площадь, обозначенную отметками 4-5 миллиметров.* Корень, показанный на [рис. 110](#), был отмечен в 10 часов утра 5 июля. В 18 часов вечера того же дня, 8 часов спустя, произошел рост, как показано на среднем рисунке. В 9 утра следующего дня, 15 часов спустя, рост представлен в нижней части. Аналогичные эксперименты с несколькими саженцами дали тот же результат: область удлинения в процессе роста корня расположена на небольшом расстоянии от верхушки. Дальше удлинение происходит очень незначительно или вообще не происходит, но рост в диаметре продолжается некоторое время, как мы могли бы обнаружить, если бы исследовали корни растущих тыкв или других растений в разные периоды.

250. Перемещение области наибольшего удлинения.—В области удлинения отмеченные области не все удлиняются одинаково одновременно. Средние промежутки удлиняются быстрее всего, а промежутки, отмеченные отметками 6, 7 и 8 мм, удлиняются медленно, те, что дальше всего от кончика, медленнее остальных, поскольку удлинение здесь почти прекратилось. Промежутки, отмеченные между отметками 2-4 мм, также медленно удлиняются, но вскоре начинают удлиняться быстрее, поскольку эта область становится областью наибольшего удлинения. Таким образом, область наибольшего удлинения перемещается вперед по мере роста корня и остается примерно на том же расстоянии позади кончика.

251. Область формирования.—Если мы сделаем продольный разрез верхушки растущего корня тыквы или другого саженца и изучим его под микроскопом, мы увидим, что существует большая разница в характере клеток верхушки и клеток в области удлинения корня. Во-первых, в секции имеется V-образный колпачок из рыхлых клеток, которые постоянно отшелушиваются. Сразу за этим концом клетки довольно точно изодиаметричны, то есть имеют одинаковый диаметр во всех направлениях. Они также очень богаты протоплазмой и имеют тонкие стенки. Это область корня, где в результате деления образуются новые клетки. Это *формирующая область*. Клетки на внешней стороне этой области более старые и переходят в более старые части корня и корневую шляпку. Если мы последовательно исследуем клетки из этой *формирующей* области, мы обнаружим, что они становятся все более и более удлиненными в направлении оси корня. Удлинение клеток в этой более старой части корня объясняет, почему эта область корня удлиняется быстрее, чем верхушка.

252. Рост стебля.—Мы можем использовать рассаду фасоли, растущую в почве. На стыке листьев со стеблем имеются наросты. Это *узлы*, а промежутки на ножке между последовательными узлами являются *междоузлиями*. Мы должны размечать некоторые из этих междоузлий, особенно молодые, на секции длиной около 5 мм. Теперь наблюдайте за ними несколько раз в течение двух-трех дней или дольше. Область удлинения больше, чем в случае с корнями, и простирается дальше от конца стебля. У некоторых молодых растений садовой фасоли область удлинения простиралась на площадь 40 мм в одном междоузлии. См. также главы [38](#), [39](#).

253. Сила, проявляемая ростом.— Одна из удивительных вещей, связанных с ростом растений, - это сила, которую проявляют различные члены растения при определенных условиях. Наблюдения за сеянцами, когда они проталкиваются сквозь почву к воздуху, часто показывают нам, что требуется значительное усилие, чтобы приподнять твердую почву и повернуть ее в одну сторону. Очень яркую иллюстрацию можно получить на примере грибов, которые иногда пробиваются сквозь твердую и утрамбованную почву пешеходных дорожек или дорог. То, что сочные и нежные растения способны поднимать такие сравнительно тяжелые грузы, кажется невероятным, пока мы сами не убедились в этом. Очень яркие иллюстрации силы корней можно увидеть на примере деревьев, растущих в скалистых местах, где поднимаются камни значительного веса, или небольшие трещины в крупных камнях расширяются под действием бокового давления, оказываемого ростом корня, который проник внутрь, когда был маленьким, и вклинился внутрь.

254. Зона максимального роста.— Существуют большие различия в скорости роста, даже когда на них не влияют внешние условия. В нашем исследовании удлинения корня мы обнаружили, что клетки только задней части формирующей области сначала удлинялись медленно. Скорость удлинения этих ячеек увеличивается до тех пор, пока не достигнет максимума. Затем скорость удлинения уменьшается по мере того, как ячейки располагаются дальше от кончика. Периодом максимального удлинения здесь является *зона максимального роста* этих клеток.

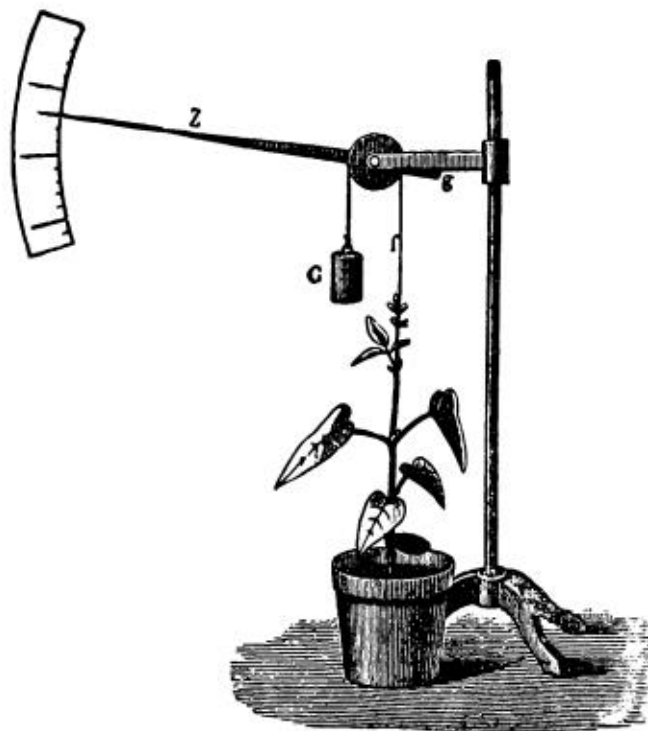


Рис. 111.

Рычажный ауксанометр (Oels) для измерения удлинения стебля в процессе роста.

255. Точно так же, как клетки демонстрируют зону максимального роста, так и члены растения демонстрируют аналогичную зону максимального роста. Что касается листьев, то, когда они молодые, скорость роста сравнительно медленная, затем она увеличивается и, наконец, скорость снова уменьшается. То же самое происходит и со стеблем. Когда растение молодое, рост происходит не так быстро; по мере приближения к среднему возрасту скорость роста увеличивается; затем к концу сезона она снижается.

256. Энергия роста.—С зоной максимального роста тесно связано то, что называется энергией роста. Это проявляется в сравнительном размере членов данного растения. Возьмем, к примеру, подсолнечник, у которого нижние и первые листья сравнительно маленькие. По мере роста растения листья становятся крупнее, и это увеличение размера листьев увеличивается до максимального периода, когда размер уменьшается, пока мы не достигнем маленьких листиков на верхушке стебля. Зона максимального роста листьев соответствует максимальному размеру листьев на стебле. Скорость и энергия роста стебля также коррелируют с скоростью и энергией роста листьев, а зона максимального роста совпадает с зоной роста листьев. Было бы поучительно отметить это в случае с другими растениями, а также в случае с плодами.

257. Нутация.—Во время роста стебля все клетки данного участка стебля не удлиняются одновременно. Например, в данный момент ячейки на южной стороне удлиняются быстрее, чем ячейки на другой стороне. Это приведет к небольшому изгибу стебля к северу. Через несколько мгновений клетки на западной стороне удлиняются быстрее, а ножка поворачивается на восток; и так далее, группы клеток, расположенные последовательно вокруг ножки, удлиняются быстрее, чем остальные. Это заставляет стержень описывать окружность или эллипс вокруг центральной точки. Поскольку область наибольшего удлинения клеток стебля постепенно перемещается к вершине растущего стебля, эта линия удлинения клеток, которая огибает стебель, делает это по спирали. Точно так же, в то время как конец стебля движется вверх за счет удлинения клеток и в то же время медленно перемещается по кругу, линия, которую описывает конец стебля, должна быть спиральной. Это движение стебля, которое является общим для всех стеблей, листьев и корней, называется *нутацией*.

258. Вы увидите важность нутации для вьющихся стеблей в поисках места опоры, а также для усиков на листьях или стеблях. В случае с корнем это имеет первостепенное значение, поскольку корень пробивается сквозь почву, поскольку частицы почвы легче отбрасываются в сторону. То же самое верно и в случае многих стеблей до того, как они появятся из почвы.

ГЛАВА XIII. РАЗДРАЖИТЕЛЬНОСТЬ.

259. Теперь нам следует изучить движения частей растения в ответ на воздействие определенных раздражителей. К этому времени мы, вероятно, заметили, что направление, которое принимают корень и стебель при прорастании семени, не зависит от положения, в котором случайно находится семя. При нормальных условиях мы видели, что корень растет вниз, а стебель вверх.

260. Влияние земли на направление роста.—Когда стебель и корень будут расти в этих направлениях в течение короткого времени, давайте поместим саженец в горизонтальное положение, чтобы конец корня выступал над объектом опоры таким образом, чтобы он мог свободно двигаться в любом направлении. Его следует наколоть на пробку и поместить во влажную камеру. В течение двенадцати-двадцати четырех часов корень, который раньше находился в горизонтальном положении, снова повернется кончиком вниз. Если мы отметим миллиметровые промежутки, начинающиеся от кончика корня, мы обнаружим, что двигательная зона, или область искривления, находится в той же области, что и область удлинения корня.

Найт обнаружил, что стимулом, заставляющим корень поворачиваться вниз, является сила тяжести. Реакция корня в ответ на этот стимул - геотропизм, поворот под влиянием земли. Этот термин применяется к движениям роста растений под влиянием земли в отношении направления. В то время как двигательная зона находится позади кончика корня, последний получает стимул и является перцептивной зоной. Если обрезать верхушку корня, он больше не будет геотропным и не будет поворачиваться вниз при размещении в горизонтальном положении. Рост в направлении земли - это *прогеотропизм*. Боковой рост вторичных корней - это *диагеотропизм*.



Рис. 112.

Пророщенный горох помещают в горизонтальное положение.



Рис. 113.

За 24 часа сила тяжести заставила корень повернуться вниз.

Рис. 112, 113—Прогеотропизм корня гороха.

С другой стороны, стебель, который был помещен в горизонтальное положение, снова выпрямился. Этот поворот стебля в направлении вверх происходит как в темноте, так и на свету, в чем мы можем убедиться, если начнем эксперимент с наступлением темноты или поместим растение в темноту. Этот восходящий рост стебля также находится под влиянием земли и, следовательно, является примером геотропизма. Специальным обозначением в случае вертикальных стеблей является *отрицательный геотропизм*, или *апогеотропизм*, или стебли называются *апогеотропными*. Если мы поместим быстрорастущее комнатное растение в горизонтальное положение, положив горшок на бок, концы побегов вскоре снова повернутся вверх при размещении в горизонтальном положении. Молодые растения фасоли, растущие в горшке, начали в течение двух часов загибать концы побегов вверх.

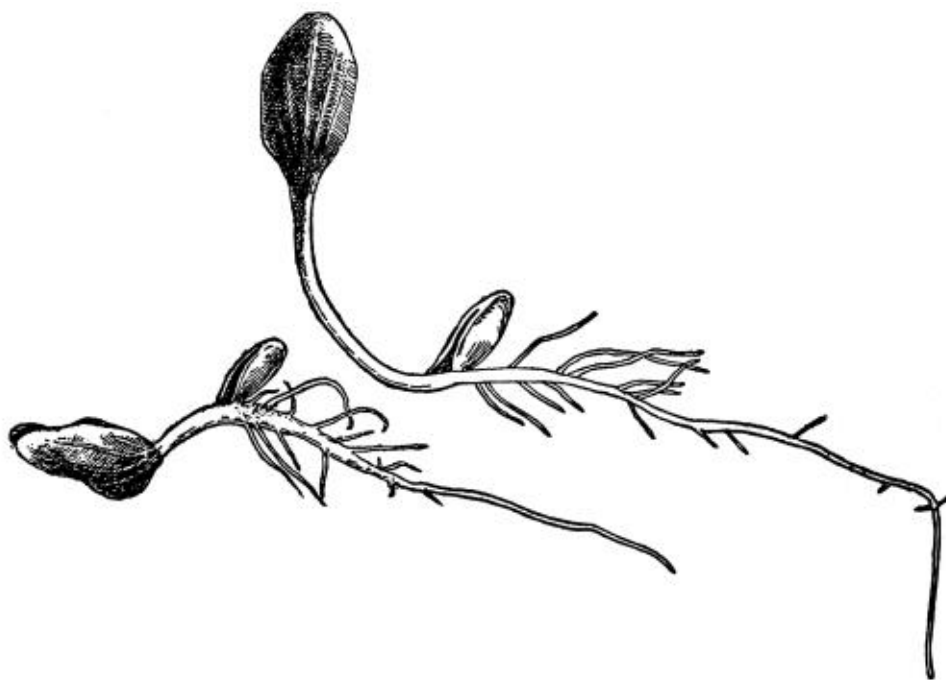


Рис. 114.

Саженец тыквы, проявляющий апогеотропизм. Саженец слева расположен горизонтально, через 24 часа стебель становится прямостоячим.

Можно показать, что горизонтальные листья и побеги подвержены такому же влиянию и, следовательно, являются *диагеотропными*.

261. Влияние света.— Свет не только является очень важным фактором для растений во время фотосинтеза, он оказывает большое влияние на рост и подвижность растений.

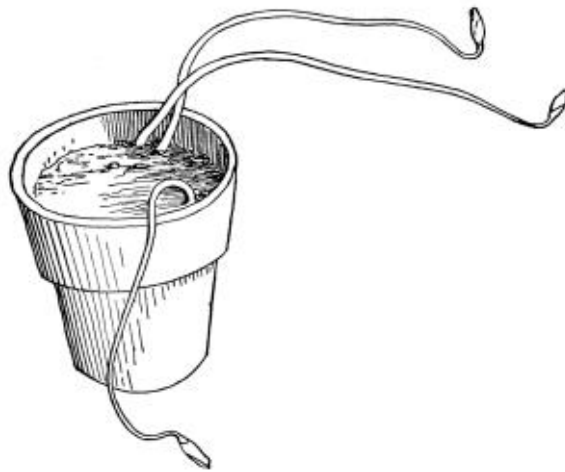


Рис. 115.

Рассада редиса, выращенная в темноте, длинная, стройная, не зеленая.



Рис. 116.

Рассада редиса, выращенная на свету, более короткая, плотная и зеленого цвета. Рост замедляется из-за света.

262. Рост при отсутствии света.—Растения, выращиваемые в темноте, подвержены ряду изменений. Стебли часто длиннее, тоньше и слабее, поскольку они содержат большее количество воды по сравнению со строительным материалом, который растение получает из углеводов, образующихся на свету. У многих растений листья очень маленькие, если выращивать их в темноте.

263. Влияние света на направление роста.—Пока мы выращиваем рассаду, горшки или ящики для некоторых из них следует размещать так, чтобы растения имели одностороннее освещение. Это можно сделать, поместив их возле открытого окна, в комнате с односторонним освещением, или их можно поместить в коробку, закрытую со всех сторон, кроме той, которая обращена к окну или свету. Через 12-24 часа, а в некоторых случаях даже за гораздо более короткое время, стебли рассады будут направлены в сторону источника света. Это влияние, оказываемое лучами света, является *гелиотропизмом*, поворотом под влиянием солнца или солнечного света.



Рис. 117.

Проростки клещевины масличной до и после одностороннего освещения.

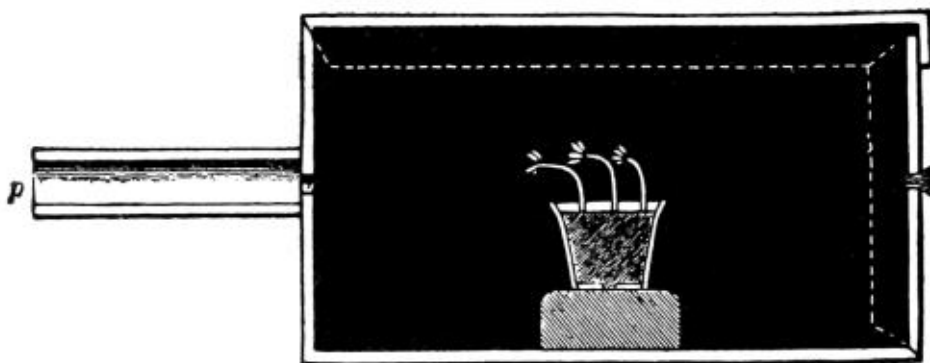


Рис. 118.

Темная камера с отверстием сбоку для демонстрации гелиотропизма. (After Schleichert.)

264. Диаэлиотропизм.—Горизонтальные листья и побеги являются *диаэлиотропными*, а также *диагеотропными*. Общее направление, которое листья принимают под этим воздействием, заключается в размещении их верхней поверхностью перпендикулярно падающим на них лучам света. Таким образом, листья, обращенные к ярко освещенному небу, в целом горизонтальны. Это положение принимается непосредственно в ответ на световой стимул. Листья растений с односторонним освещением, как можно увидеть опытным путем, повернуты своими верхними поверхностями к источнику света или перпендикулярно падению световых лучей. Таким образом, свет на какое-то время перекрывает направление, которое рост придает листьям. Так называемый “сон” растений - это, конечно, не сон, хотя во многих случаях листья “кивают” или свисают вниз. Есть много растений, у которых мы можем отметить это опущение листьев с наступлением темноты, и чтобы доказать, что это не определяется временем суток, мы можем прибегнуть к хорошо

известному эксперименту, чтобы вызвать это состояние в течение дня. Растением, которое было использовано для иллюстрации этого, является подсолнечник. Некоторые из этих растений, которые выращивались в ящике, когда они достигали высоты около 35 см, были накрыты почти на два дня, чтобы исключить попадание света. В полдень второго дня ящик убрали, и листья на укрытых растениях хорошо представлены на [рис. 119](#), который был сделан с одного из них. Листья других растений в ящике, которые не были закрыты, располагались горизонтально, как показано на [рис. 120](#). Теперь, когда эти растения, которые демонстрировали вынужденные “сонные” движения, были выставлены на свет, они постепенно снова приняли горизонтальное положение.



Рис. 119.

Растение подсолнечника. Эпинастическое состояние листьев, индуцируемое днем в темноте.



Рис. 120.

Растение подсолнечника, извлеченное из темноты, листья распускаются под воздействием света (диагелиотропизм).

265. Эпинастия и гипонастия.—На ранних стадиях роста многих листьев, как у подсолнечника, направление роста отличается от того, которое наблюдается в более поздний период. Нижняя поверхность молодых листьев растет в продольном направлении быстрее, чем верхняя сторона, так что листья прижимаются кверху вплотную к почке на конце стебля. Это называется *гипонастией*, или говорят, что листья *гипонастические*. Позже рост усиливается с верхней стороны, и листья поворачиваются вниз или в сторону от бутона. Это называется *эпинастией*, или говорят, что листья *эпинастические*. Это видно по ночному положению листьев или по индуцированному “сну” растения подсолнечника в эксперименте, подробно описанном выше. С другой стороны, дневное положение листьев,

которое является более или менее горизонтальным, вызвано их раздражительностью под воздействием света, присущий им нисходящий или эпинастический рост на время преодолевается. Затем с наступлением темноты, когда стимул в виде света устраняется, листья принимают положение, обусловленное направлением роста.



Рис. 121.

Рассада кабачков. Положение семядолей на свету.



Рис. 122.

Рассада кабачков. Расположение семядолей в темноте.

266. В случае с семядолями некоторых растений может показаться, что рост был гипонастическим даже после того, как они раскрылись. Дневное положение семядолей тыквы более или менее горизонтальное, как показано на [рис. 121](#). Ночью или если мы затемняем растение, накрывая его плотным ящиком, листья принимают положение, показанное на [рис. 122](#).

Хотя горизонтальное положение является общим положением, которое принимают растения под воздействием света, их положение в определенной степени зависит от интенсивности света, а также от падения световых лучей. Некоторые растения настолько сильно гелиотропны, что меняют свое положение в течение всего дня.

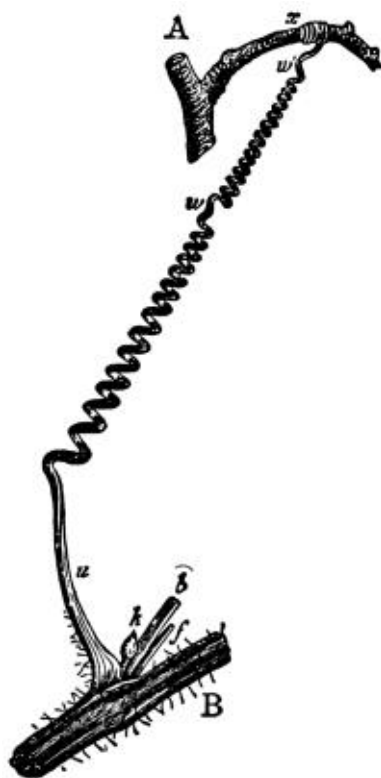


Рис. 123.
Вьющийся усик брионии.

267. Листья с фиксированным суточным положением.—Листья некоторых растений, когда они развиваются, имеют фиксированное суточное положение и не подвержены изменениям. Такие листья, как правило, располагаются в вертикальном или парагелиотропном положении, при котором поверхности подвергаются воздействию не света наибольшей интенсивности, а лучей рассеянного света. Интересные случаи фиксированного положения листьев встречаются у так называемых растений-компасов (таких как *Silphium laciniatum*, *Lactuca scariola* и др.). У них горизонтальные листья располагаются вертикальными поверхностями, а также направлены на север и юг, так что поверхности обращены на восток и запад.

268. Важность этих движений.— Листья не только расположены в положении, благоприятном для поглощения лучей света, которые необходимы для получения углерода, доступного для употребления в пищу, но и извлекают из света другие формы энергии, такие как тепло, которое поглощается в течение дня. Тогда при ночном образе жизни, когда листья опущены вниз к стеблю, или краем к небу, или когда семядоли, как у тыквы, касторовых бобов и т.д., прижаты друг к другу, потеря тепла за счет излучения меньше, чем была бы, если бы верхние поверхности листьев были обращены к небу.

269. Влияние света на структуру листа.— При нашем исследовании структуры листа мы обнаружили, что в листе плюща клетки частокола находятся на верхней поверхности. Это имеет место с большим количеством листьев, и это нормальное расположение “дорсивентральных” листьев, которые являются диаэлиотропными. Листья, которые являются парагелиотропными, как правило, имеют частоколообразные ячейки на обеих поверхностях. Частоколообразный слой клеток, как мы видели, состоит из клеток, расположенных очень близко друг к другу, и, таким образом, они предотвращают быстрое испарение. Они также в некоторой степени препятствуют проникновению лучей света, по крайней мере, в большей степени, чем рыхлые губчатые клетки паренхимы. Листья, развивающиеся в тени, имеют более рыхлый частокол и клетки паренхимы. В случае

некоторых растений, если мы перевернем очень молодой лист так, чтобы нижняя сторона была самой верхней, на этой стороне образуется частокол. Это показывает, что свет оказывает большое влияние на структуру листа.

270. Движение под влиянием контакта.— В случае усиков, вьющихся листьев или стеблей раздражительность при контакте проявляется в движении усика и т.д. В сторону объекта, к которому прикасаются. Это заставляет усик или стебель обвиваться вокруг объекта для опоры. Раздражитель также распространяется вниз по части усика ниже точки контакта (см. [рис. 123](#)), и эта часть сворачивается подобно проволочной спиральной пружине, таким образом притягивая лист или ветку, из которой растет усик, ближе к объекту поддержки. Этот виток между объектом опоры и растением также очень важен для облегчения подъема растения при сильных порывах ветра, которые могли бы оторвать растение от его опоры, если бы не податливое и пружинящее движение этого витка.

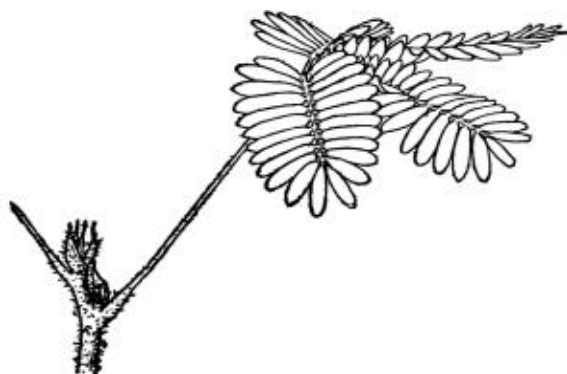


Рис. 124.

Чувствительный лист растения в нормальном положении.



Рис. 125.

Вершинка загибается после стимула.

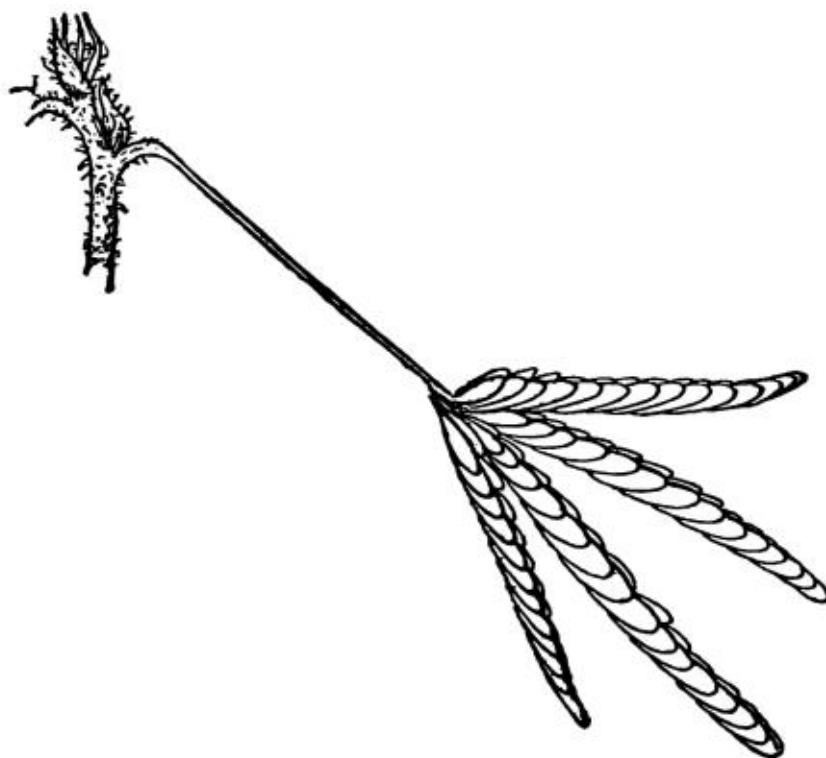


Рис. 126.

Позже все перья загнулись, а листья поникли.

271. Чувствительные растения.—Эти растения отличаются быстрой реакцией на раздражители. Мимоза пудовая - отличное растение для изучения с этой целью.

272. Движение в ответ на раздражители.—Если мы ущипнем щипцами одну из концевых листочков или постучим по ней карандашом, две концевые листочки загнутся над “жилкой” ушной раковины. За этим немедленно следует движение следующей пары и так далее, как показано на [рис. 125](#), пока все створки на этой ушной раковине не закроются, затем раздражитель аналогичным образом распространяется по другим верхушкам, и вскоре верхушки приближаются друг к другу, а затем лист опускается вниз, как показано на [рис. 126](#). Нормальное положение створки показано на [рис. 124](#). Если мы встряхнем растение, ударив по нему или тряхнув горшок, в котором оно выращивается, все листья быстро свернутся в положение, показанное на [рис. 126](#). Если мы теперь рассмотрим лист, то увидим крошечные валики у основания каждого листочка, на стыке верхушки с черешком, и еще один, побольше, на стыке черешка со стеблем. Мы также отметим, что движение происходит в этих подушечках.

273. Передача стимула.—Было обнаружено, что передача раздражителя у этой мимозы от одной части растения происходит по клеткам луба.

274. Причина движения.Движение вызвано внезапной потерей упругости со стороны клеток в одной части пульвинуса, как называется подушка. В случае большого бугорка у основания черешка эта потеря упругости происходит в клетках нижней поверхности. Здесь происходит внезапное изменение состояния протоплазмы клеток, в результате чего они теряют большую часть своей воды. Это можно увидеть, если острым ножом срезать черешок чуть выше сердцевины перед началом движения. Капля жидкости выступает из ячеек нижней стороны.

275. Парагелиотропизм листьев чувствительного растения.—Если растение мимозы поместить на очень интенсивный свет, то листочки повернут свои края навстречу падающим лучам света. Это также верно для других растений, находящихся на интенсивном

освещении, и является *парагелиотропизмом*. Таким образом, уменьшается транспирация, и хлорофилл защищается от слишком интенсивного света.

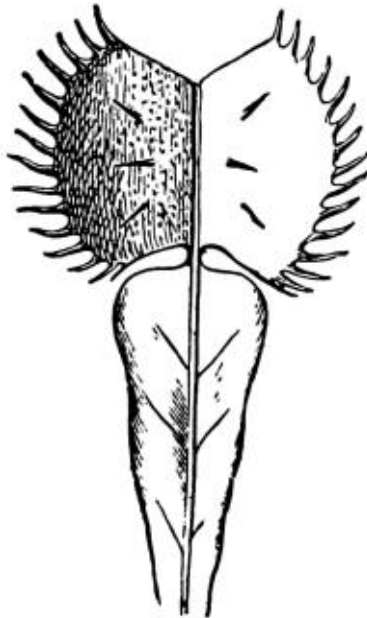


Рис. 126а.

Лист венериной мухоловки (*Dionaea muscipula*) с крылатым черешком и зубчатыми долями.



Рис. 127.

Лист *Drosera rotundifolia*, некоторые железистые волоски загибаются внутрь в результате раздражителя.

Таким образом, мы видим, что изменения интенсивности света оказывают важное влияние на изменение движений. Колебания температуры также оказывают значительное

влияние: быстрое повышение температуры приводит к раскрытию определенных цветов, а понижение температуры - к их закрытию.

276. Чувствительность насекомоядных растений. Венера мухоловка (*Dionaea muscipula*) и росянка (*drosera*) являются интересными примерами чувствительных растений, поскольку листья закрываются в ответ на раздражитель от насекомых.

277. Гидротропизм.—Корни чувствительны к влаге. Они повернутся к влаге. Это имеет огромное значение для хорошего самочувствия растения, поскольку корни будут искать те места в почве, где присутствует подходящая влажность. С другой стороны, если почва слишком влажная, существует тенденция к тому, что корни отходят от почвы, которая насыщена водой. В таких случаях часто видно, как корни растут на поверхности почвы, чтобы они могли получать кислород, который важен для корней в процессах поглощения и роста. В этом случае растения могут пострадать как от избытка воды, так и от недостатка ее в почве.

278. Температура.—В проведенных к настоящему времени экспериментах по прорастанию, вероятно, было отмечено, что температура во многом влияет на продолжительность прорастания семян. Она также влияет на скорость роста. Влияние различных температур на прорастание семян можно очень хорошо заметить, попытавшись прорастить некоторые из них в помещениях с различной температурой. При прочих равных условиях будет обнаружено, что в умеренно теплом помещении или даже в одном достаточно теплом, 25-30 градусов по Цельсию, прорастание и рост идут быстрее, чем в прохладном помещении, а здесь и быстрее, чем в решительно холодном. В случае большинства растений в умеренном климате рост может продолжаться при температуре немногим выше нуля, но лишь немногие из них будут процветать при такой температуре.

279. Если мы поместим сухой горох или фасоль при температуре около 70 ° C. на 15 минут, они не погибнут, но если их тщательно замочить в воде, а затем поместить при такой температуре, они погибнут или даже при несколько более низкой температуре. Те же семена в сухом состоянии выдержат температуру на 10 ° C ниже, но если их сначала замочить в воде, эта низкая температура их убьет.

280. Чтобы увидеть эффект замораживания, мы можем тщательно заморозить часть корнеплода свеклы, а после размораживания опустить его в воду. Вода окрашивается клеточным соком, который выходит из клеток, точно так же, как мы видели, это происходит в результате воздействия высокой температуры, в то время как часть размороженной свеклы, помещенная в воду, не окрасит ее, если ее предварительно вымыть.

Если поместить ломтик свеклы при температуре около -6 ° C в неглубокий стеклянный сосуд и накрыть его крышкой, на поверхности образуется лед. Если мы рассмотрим его с помощью микроскопа, то увидим, что снаружи образовались кристаллы льда, и они не будут окрашены. Вода для образования кристаллов поступала из клеточного сока, но концентрированные растворы в соке не выводились при замерзании на поверхности.

281. Если при замораживании из клеток многих растений не отводится слишком много воды и они медленно оттаивают, вода, которая была удалена из клеток, снова впитается и растение не погибнет. Но если растение быстро разморозить, вода не впитается, а останется на поверхности и испарится. Часть воды также останется в межклеточных пространствах, и растение погибнет. Однако некоторые растения, независимо от того, насколько медленно они оттаивают, погибают после замораживания, как, например, листья тыквы, георгина или клубни картофеля.

282. Было обнаружено, что, как правило, когда растения или части растений содержат мало влаги, они выдерживают как довольно высокие, так и довольно низкие температуры,

но когда части заполнены соком или водой, они гораздо легче погибают. По этой причине сухие семена и зимние почки деревьев и других растений, поскольку в них содержится мало воды, лучше переносят зимние холода. Но когда весной начинается рост, и ткани этих же частей становятся набухшими и наполняются водой, они довольно легко погибают от морозов. Однако следует иметь в виду, что существуют большие индивидуальные различия у растений в этом отношении, причем некоторые из них более восприимчивы к холоду, чем другие. Существуют также большие различия в растениях по их устойчивости к холодным зимам и арктическому климату, причем растения последних регионов способны выдерживать очень низкие температуры. У нас также есть примеры арктических растений и тех, которые произрастают в арктическом климате на высокогорьях, растений, способных выполнять все жизненные функции при температурах, лишь немного превышающих нулевую.

Для дальнейшего обсуждения отношения растений к температуре смотрите Главы [46](#), 48, 49 и 53.

ЧАСТЬ II. МОРФОЛОГИЯ И ИСТОРИЯ ЖИЗНИ РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ.

ГЛАВА XIV. СПИРОГИРА.

283. Изучая протоплазму и некоторые процессы растительной жизни, мы познакомились с общим видом растения спирогира. Теперь это привычный нам объект. И, приступая к изучению репрезентативных растений различных групп, мы обнаружим, что, зная некоторые из этих низших растений, трудности понимания методов размножения и взаимоотношений не так велики, как были бы, если бы мы были совершенно неосведомлены о каких-либо членах низших групп.



Рис. 128.

Нить спирогиры, показывающая длинные клетки, полосу хлорофилла, ядро, нити протоплазмы и зернистый пристеночный слой протоплазмы.

284. Форма спирогиры.— Мы обнаружили, что растение спирогира состоит из простых нитей, с цилиндрическими ячейками, прикрепленными конец к концу. Мы также отметили, что каждая ячейка нити абсолютно одинакова, за исключением определенных “креплений” у некоторых видов. Если бы мы исследовали нити на разных стадиях роста, то обнаружили бы, что каждая клетка способна к росту и делению точно так же, как она способна выполнять все функции питания и ассимиляции. Затем клетки спирогиры размножаются путем деления. Не только клетки на концах нитей, но и все без исключения клетки делятся по мере роста, и таким образом нити увеличиваются в длине.

285. Умножение потоков.— При изучении живого материала этого растения мы, вероятно, заметили, что нити часто разрываются из-за разделения двух соседних клеток нити. Это может быть достигнуто и достигается во многих случаях без какого-либо повреждения клеток. Таким образом нити или растения спирогиры, если мы решим называть нить растением, размножаются. При разрыве нити клеточная стенка, разделяющая любые две клетки, расщепляется. Если бы мы исследовали несколько видов *spirogyra*, мы, вероятно, обнаружили бы нити, которые представлены двумя типами в зависимости от характера стенок на концах клеток. На [рис. 128](#) мы видим, что концы ровные, то есть все поперечные стенки прямые. Но у некоторых других видов внутренняя стенка клеток имеет своеобразный вид. Эта внутренняя стенка в конце ячейки сначала прямая поперек. Но вскоре он загибается обратно внутрь своей ячейки, точно так же, как можно просунуть внутрь кончик пальца пустой перчатки. Затем загнутый конец снова частично выдвигается наружу, так что в результате получается своеобразная фигура.

286. Как обрываются некоторые нити.—При разделении ячеек нити эта особенность часто приносит пользу растению. Клеточный сок внутри протоплазматической мембраны поглощает воду, и давление давит на концы свернутых клеточных стенок. Поскольку внутренняя стенка намного длиннее внешней, на последнюю оказывается давление в месте соединения ячеек. Поскольку в этом месте внешняя стенка слабее, происходит разрыв. Набухание двух ячеек приводит к тому, что эти складчатые внутренние стенки внезапно выдвигаются наружу при разрыве внешней стенки, и резьба разрывается так быстро, как только может быть сломан стержень трубы.

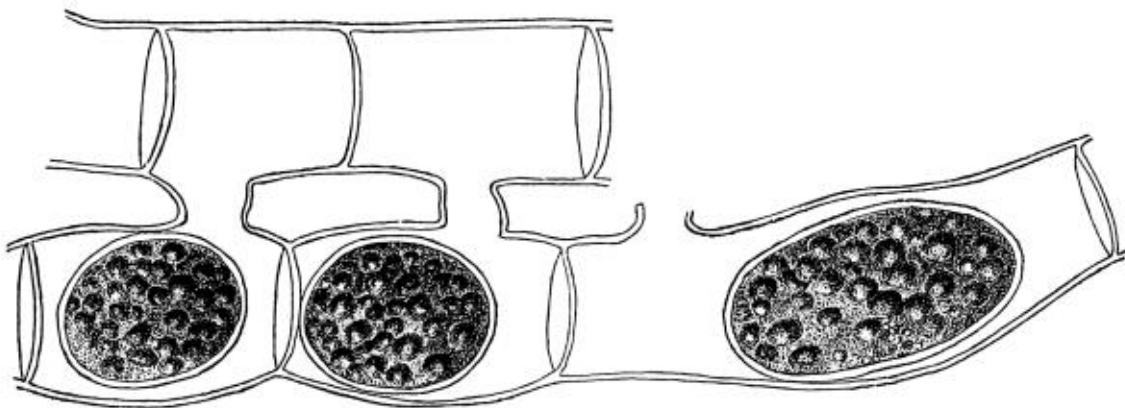


Рис. 129.
Зигоспоры спирогиры.

287. Конъюгация спирогиры.— При определенных условиях, когда вегетативный рост и размножение прекращаются, происходит процесс размножения, который называется половым размножением. Если мы выберем циновки спирогиры, утратившие свой темно-зеленый цвет, мы, вероятно, обнаружим разные стадии этого полового процесса, который в случае спирогиры и родственных растений называется *конъюгацией*. Несколько нитей такого мата мы должны исследовать под микроскопом. Если материал находится в надлежащем состоянии, мы видим в определенных ячейках овальное или эллиптическое тело. Если мы внимательно рассмотрим ячейки, в которых расположены эти овальные тела, то с одной стороны будет видна трубка, которая соединяется с пустой ячейкой нити, лежащей рядом, как показано на [рис. 129](#). Если мы поищем в материале, то можем увидеть другие нити, соединенные таким лестничным образом, при котором содержимое клеток находится на разных стадиях разрушения по сравнению с тем, что мы видели в растущей клетке. У некоторых протоплазма и полоса хлорофилла лишь незначительно отошли от стенки; у других она образует массу около центра ячейки, и снова в других мы увидим, что содержимое ячейки одной из нитей частично переместилось через трубку в ячейку нити, с которой она соединена.

289. Это наводит нас на мысль, что овальные тела, обнаруженные в ячейках одной нити лестницы, в то время как ячейки другой нити были пустыми, образовались в результате объединения содержимого двух ячеек. Фактически, именно это и происходит. Такого рода объединение содержимого двух похожих или почти похожих ячеек является *конъюгацией*. Овальные тельца, которые являются результатом этой конъюгации, являются *зиготами*, или *зигоспорами*. Когда мы исследуем живой материал спирогиры на этой стадии, можно наблюдать этот процесс конъюгации. На [рис. 130](#) представлены различные стадии спирогиры.

290. Как нити сопрягаются или соединяются.—Ячейки двух нитей, лежащих параллельно, выпускают короткие отростки. Трубки из двух противоположных ячеек

встречаются и соединяются. Стенки, разделяющие содержимое двух пробирок, растворяются, так что между двумя ячейками возникает открытое сообщение. Содержимое каждой из этих клеток, принимающих участие в конъюгации, представляет собой *гамету*. Та, которая проходит по трубке к принимающей клетке, является *поставляющей гаметой*, в то время как гаметой принимающей клетки является *принимающая гамета*.

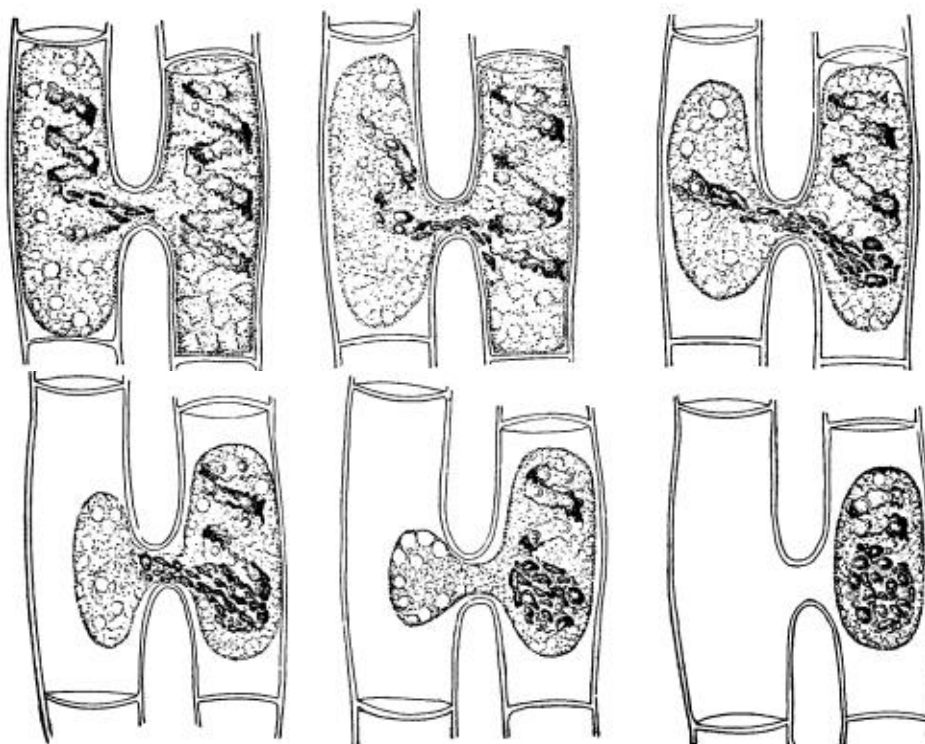


Рис. 130.

Конъюгация у спирогиры; слева направо, начиная с верхнего ряда, показан постепенный переход протоплазмы от гаметы-поставщика к гамете-реципиенту.

291. Как протоплазма перемещается из одной клетки в другую.— Прежде чем произойдет какое-либо движение протоплазмы питающей клетки, мы можем увидеть, что в ее протоплазме наблюдается большая активность. Появляются округлые вакуоли, которые увеличиваются в размерах, наполняются водянистой жидкостью и набухают, как везикулы, а затем внезапно сокращаются и исчезают. Когда вакуоль исчезает, это вызывает внезапное движение или сжатие протоплазмы вокруг нее, чтобы занять ее место. Одновременно с исчезновением вакуоли мембрана протоплазмы отделяется от части стенки. Вероятно, это вызвано внезапной потерей части воды в клеточном соке. Эти действия продолжаются, и протоплазматическая мембрана продолжает отделяться от стенки. Время от времени происходит движение, при котором протоплазма перемещается на небольшое расстояние. Он перемещается по направлению к пробирке, и, наконец, его часть с одним концом полосы хлорофилла начинает перемещаться в пробирку. Примерно в это же время вакуоли можно увидеть в активном состоянии в рецептивной клетке. С короткими интервалами движение продолжается до тех пор, пока содержимое питающей клетки не перейдет в содержимое рецептивной клетки. Протоплазма этой клетки сейчас ускользает от клеточной стенки, пока, наконец, две массы не объединятся в одну зигоспору.

292. Зигоспора.—Эта зигоспора теперь приобретает толстую стенку, которая со временем приобретает коричневый цвет. Цвет хлорофилла тускнеет, и большая часть протоплазмы переходит в маслянистое вещество, которое делает ее более устойчивой к

условиям, которые были бы смертельны для вегетативных нитей. Таким образом, зигоспоры способны переносить экстремальные холод и сухость, которые могут разрушить нити. Они проходят через период “покоя”, в течение которого вода в пруду может замерзнуть или высохнуть, и с наступлением благоприятных условий для роста весной или осенью они прорастают и снова дают зеленую нить.

293. Жизненный цикл. Рост нити спирогиры, конъюгация гамет и образование зигоспоры, а также повторный рост нити из зигоспоры составляют то, что называется полным *жизненным циклом*.

294. Оплодотворение.—В то время как конъюгация приводит к слиянию двух масс протоплазмы, оплодотворение достигается, когда ядра двух клеток объединяются в зигоспоре и сливаются в единое ядро. Различные стадии слияния двух ядер недавно образовавшейся зигоспоры показаны на [рисунке 131](#).

Считается, что при конъюгации двух клеток полоса хлорофилла клетки-источника дегенерирует, так что в новом растении количество полос хлорофилла в клетке не увеличивается при объединении двух клеток.

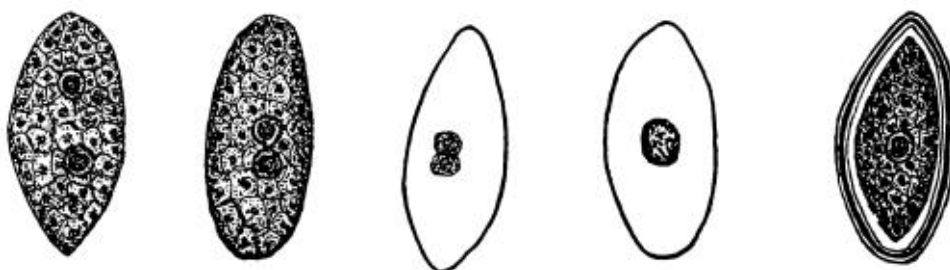


Рис. 131.

Оплодотворение у спирогиры; показаны разные стадии слияния двух ядер, справа - зрелая зигоспора. (После Овертона.)

295. Простота процесса.—У спирогиры любая клетка нити может образовывать гамету (за исключением остатков некоторых видов). Поскольку все клетки нити практически одинаковы, структурной разницы между вегетативной клеткой и клеткой, собирающейся конъюгировать, нет. Разница физиологическая. Все клетки способны к конъюгации при наличии физиологических условий. Следовательно, все клетки являются потенциальными гаметами. (Строго говоря, стенкой клетки является *гранатангий*, в то время как содержимое образует гамету.)

Хотя иногда существует небольшая разница в размере между конъюгирующими клетками, и поставляющая клетка может быть меньше, это не является общим. Следовательно, мы говорим, что между половыми клетками нет дифференцировки, так что обычно до того, как протоплазма начнет двигаться, нельзя сказать, какая из гамет должна быть поставляющей, а какая принимающей.

296. Положение растения спирогира.—Из нашего исследования мы видим, что среди вегетативных клеток практически нет дифференцировки, за исключением тех случаев, когда из некоторых клеток вырастают опоры. Все они одинаковы по форме, способности к росту, делению или размножению нитей. Каждая клетка практически является независимым растением. Нет различия между вегетативной клеткой и конъюгирующей клеткой. Все клетки являются потенциальными половыми клетками. Наконец, между

половыми клетками нет структурной дифференциации. Тогда это указывает на простое положение вещей, низкий уровень организации.

297. Водоросль *spirogyra* - один из представителей низших водорослей, принадлежащих к группе, называемой *Сопряженными*. Зигнема со звездчатыми хлоропластами, мужеотия с прямыми или иногда скрученными полосами хлорофилла принадлежат к той же группе. У последнего рода только часть протоплазмы каждой клетки объединяется, образуя зигоспору, которая расположена в трубке между клетками.



Рис. 132.
Клостерий.

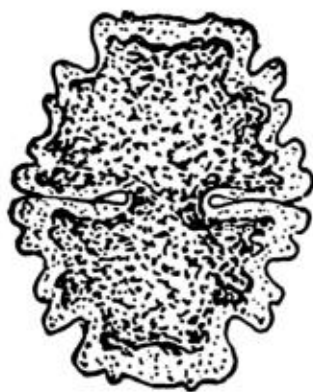


Рис. 133.
Микрастерии.

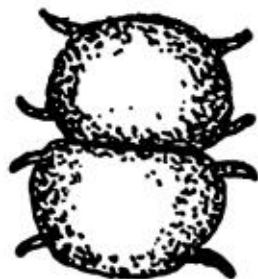


Рис. 134.
Ксантидий.



Рис. 135.
Ставраструм.



Рис. 136.
Euastrum.



Рис. 137.
Космариум.

298. Десмиды также принадлежат к той же группе. Десмиды обычно живут как отдельные клетки. Многие из них красивы по форме. Они растут среди других водорослей, или на поверхности водных растений, или на влажной почве. Несколько родов проиллюстрированы на [рисунках 132-137](#).

ГЛАВА XV. ВОКЕРИЯ.

299. Растение *vaucheria* мы помним из нашего исследования в предыдущей главе. Обычно это происходит в виде плотных матов, плавающих по воде или лежащих на влажной почве. Текстура и ощущение этих матов напоминают "войлок", и их иногда называют "зеленым войлоком". Разветвленные нити непрерывны, то есть у вегетативных нитей нет поперечных перегородок. Это растение размножается несколькими способами, которые было бы слишком утомительно описывать здесь. Но когда удастся получить свежие ярко-зеленые маты, их следует поместить в большой сосуд с водой и поставить в прохладное место. В сосуд следует помещать только небольшое количество водорослей, так как при большом количестве они быстрее разлагаются. В течение нескольких дней следует присматриваться к маленьким зеленым телам, которые могут плавать у борта судна рядом с освещенным окном.

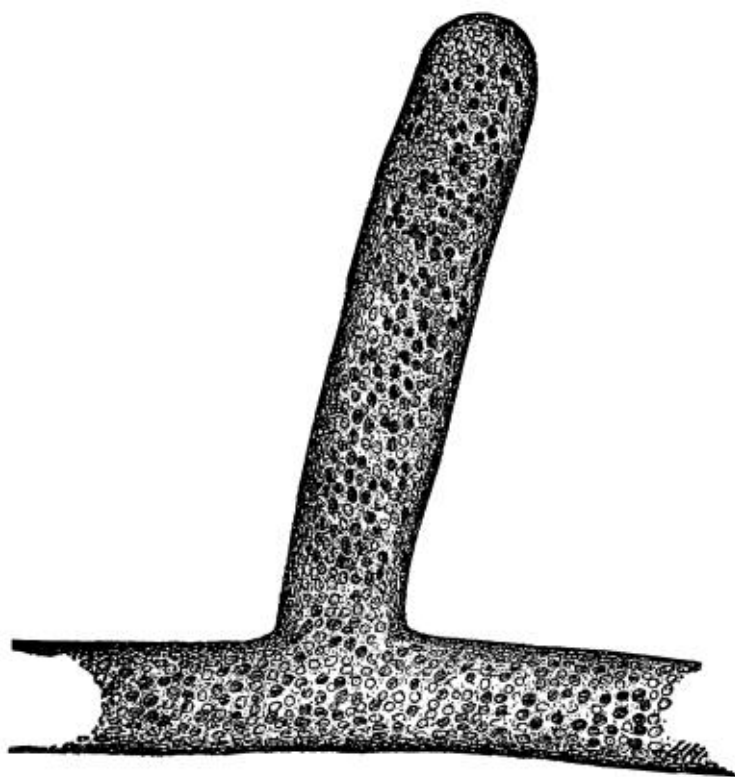


Рис. 138.
Часть разветвленной нити ваучерии.

300. Зоогонидии из ваучерии.—При обнаружении этих мельчайших плавающих зеленых телец следует взять небольшую каплю воды, содержащую их, для исследования. Если они округлые, с тонкими волосовидными отростками на поверхности, которые вибрируют и вызывают движение, то, скорее всего, это один из видов репродуктивных органов *vaucheria*. Похожие на волосы придатки представляют собой реснички, и они расположены парами, несколько из них распределены по поверхности. Эти округлые тела являются гонидиями, и поскольку они подвижны, их называют зоогонидиями.

Изучив некоторые нити в сосуде, где они появились, у нас, возможно, появится возможность увидеть, как они производятся. На нитях образуются короткие ответвления, а содержимое отделяется перегородкой от содержимого основной нити. Протоплазма и другое содержимое этой ветви отделяются от стенки, собираются в массу и выходят через

отверстие, которое образуется в конце. Здесь они некоторое время плавают в воде, затем останавливаются и прорастают, вырастая в трубку, которая образует еще одно растение *Vaucheria*. Следует заметить, что этот вид размножения не является результатом объединения двух различных частей растения. Таким образом, он отличается от того, что называется половым размножением. Небольшая часть растения просто отделяется от него как особый орган, а затем вырастает в новое растение, своего рода размножение. Этот вид размножения был назван *бесполом размножением*.

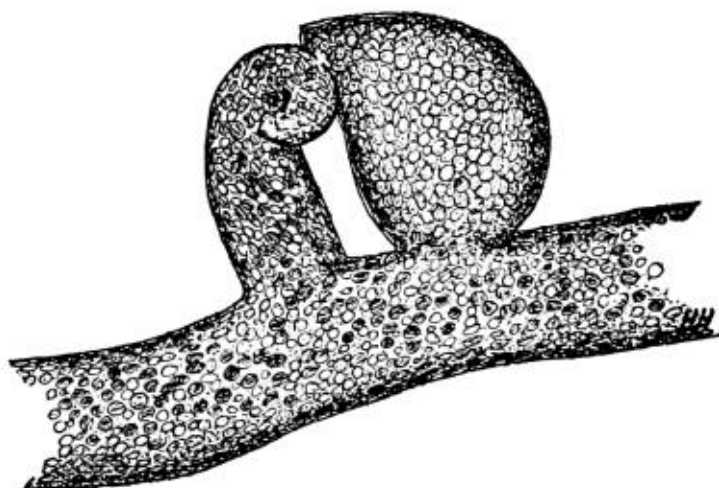


Рис. 139.

Молодые антеридии и оогонии *Vaucheria sessilis*, до отделения от содержимого нити перегородкой.

301. Половое размножение в *Vaucheria*.—Органы, участвующие в половом размножении в вохерии, очень легко получить для изучения, если собрать материал в нужное время года. Их довольно легко обнаружить весной и осенью, и они могут быть сохранены в формалине для исследования в любое время года, если материал не может быть собран свежим в то время, когда это желательно для исследования. Прекрасный материал для изучения часто встречается на почве горшков в теплицах зимой. В то время как зоогонидии чаще встречаются в материале, который совсем зеленый и только что выросший, половых органов обычно больше, когда нити кажутся несколько желтоватыми или желто-зелеными.

302. *Vaucheria sessilis*; сидячая вохерия.—У этого растения половые органы сидячие, то есть они не расположены на стебле, как у некоторых других видов. Половых органов обычно бывает несколько в группе. [На рис. 139](#) изображена часть плодоносящего растения.

303. Половые органы *Vaucheria*. Антеридий.—Антеридии представляют собой короткие, тонкие, изогнутые ветви, отходящие от основной нити. Образуется перегородка, которая отделяет концевую часть от стебля. Этой концевой клеткой является *антеридий*. Часто он свернут или пуст, как показано на [рис. 140](#). Протоплазма в антеридии образует многочисленные маленькие овальные тельца, каждое с двумя тонкими ресничками. Когда они образуются, антеридий раскрывается на конце, и они выходят. Именно после выхода этих сперматозоидов антеридий разрушается. Каждый сперматозоид представляет собой мужскую гамету.

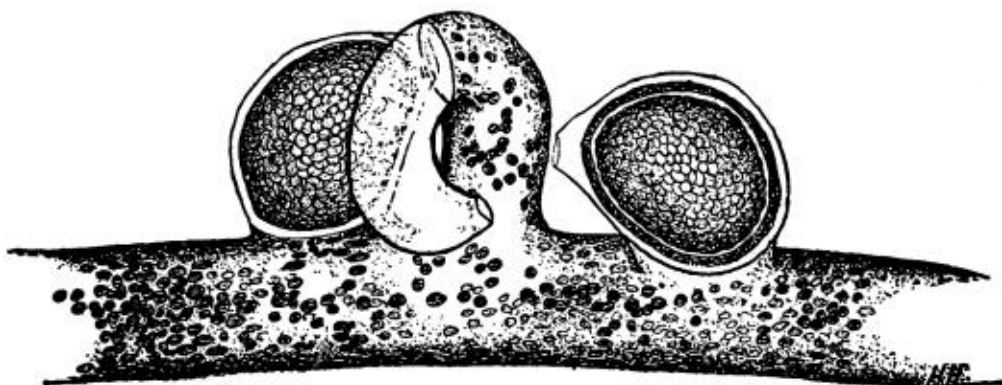


Рис. 140.
Vaucheria sessilis, один антеридий между двумя оогониями.

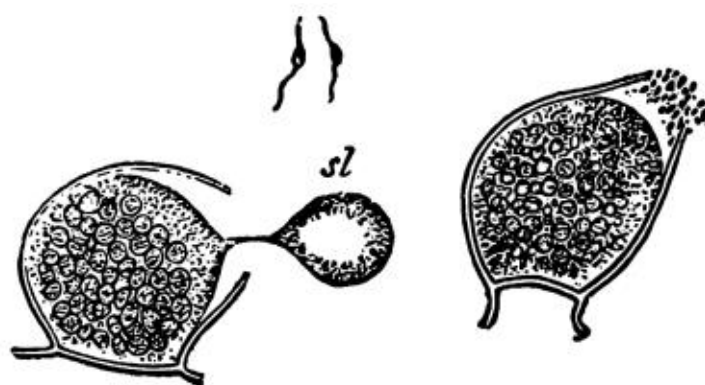


Рис. 141.

Vaucheria sessilis; оогоний раскрывается и выделяет немного протоплазмы; сперматозоиды; сперматозоиды, входящие в оогоний. (В честь Прингсгейма и Гебеля.)

304. Оогоний.—У оогоний тоже короткие ветви, но они становятся большими и несколько овальными. Перегородка, отделяющая протоплазму от протоплазмы основной нити, находится, как мы видим, вблизи места соединения ветви с основной нитью. Оогоний, как показано на рисунке, обычно несколько повернут в одну сторону. При созревании заостренный конец открывается, и немного протоплазмы выходит наружу. Оставшаяся протоплазма образует большую округлую яйцеклетку, которая заполняет стенку оогония. У некоторых оогоний, которые мы исследуем, это яйцо окружено толстой коричневой стенкой с крахмалистым и маслянистым содержимым. Это оплодотворенная яйцеклетка (иногда называемая здесь яйцеклеточной спорой). Он освобождается от оогония в результате распада последнего, погружается в грязь и остается здесь до следующей осени или весны, когда вырастает непосредственно в новое растение.

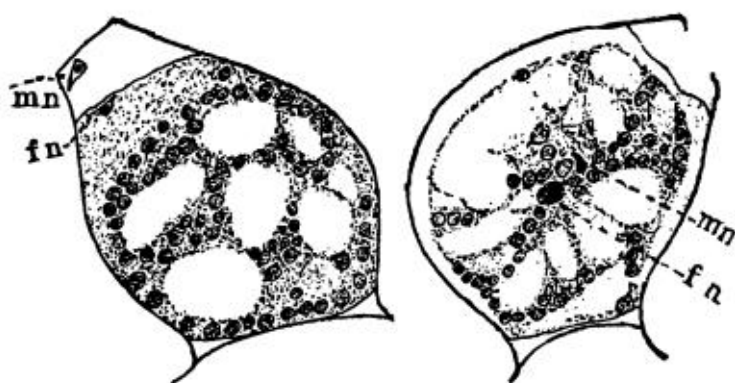


Рис. 142.

Оплодотворение у *Vaucheria*, *mn*, мужское ядро; *fn*, женское ядро. Мужское ядро входит в яйцеклетку и приближается к женскому ядру. (По Олтмансу.)

305. Оплодотворение.—Оплодотворение осуществляется сперматозоидами, плавающими на открытом конце оогония, когда один из них проникает в яйцеклетку и сливается с ядром яйцеклетки.

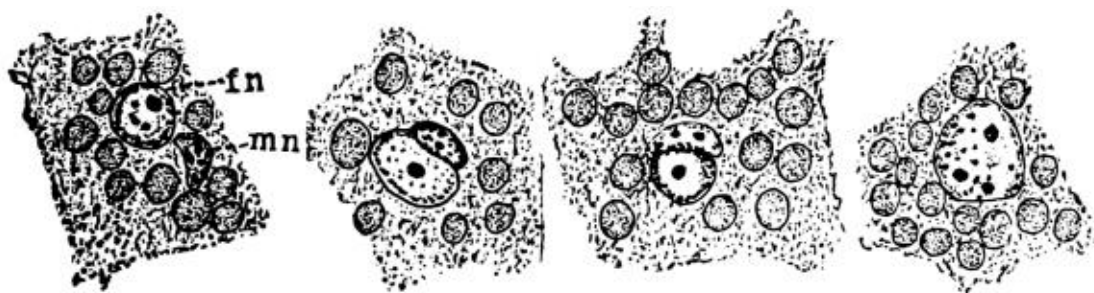


Рис. 143.

Оплодотворение ваучерии. *fn*, женское ядро; *mn*, мужское ядро. Различные рисунки показывают различные стадии слияния ядер.

306. Двойная вокерия (*V. geminata*).—Другой вид *Vaucheria* - двойная *Vaucheria*. Она также распространена и может быть использована для изучения вместо сидячей *Vaucheria*, если последняя не может быть получена. Половые органы располагаются на конце булабовидной ветви. Обычно есть две оогонии и одна антеридия между ними, которая оканчивает ветвь. У близкородственных видов вместо двух оогоний имеется их завиток с антеридием в центре.

307. Ваухерия в сравнении со спирогирой.—В *Vaucheria* у нас есть растение, которое очень интересно сравнить со спирогирой в нескольких отношениях. Рост происходит не во всех частях нити, а локализуется на концах нити и ее ветвях. Это представляет собой явный прогресс на таком растении, как спирогира. Опять же, только специализированные части растения *Vaucheria* образуют половые органы. Это короткие ветви. Кроме того, существует большая разница в размерах двух органов, и особенно в размере гамет, поставляющие гаметы (сперматозоиды) очень мелкие, в то время как рецептивная гаметы большая и содержит все питательные вещества для оплодотворенной яйцеклетки. С другой стороны, у спирогиры, как мы видели, обычно нет разницы в размере гамет, и каждая из них вносит равный вклад в питание оплодотворенной яйцеклетки. Таким образом, *Vaucheria* представляет собой явный прогресс не только в вегетативном состоянии растения, но и в специализации половых органов. *Vaucheria*, как и другие родственные водоросли, принадлежит к группе, известной как *Сифонные*, названной так потому, что растения имеют трубчатую форму или *сифоноподобны*.

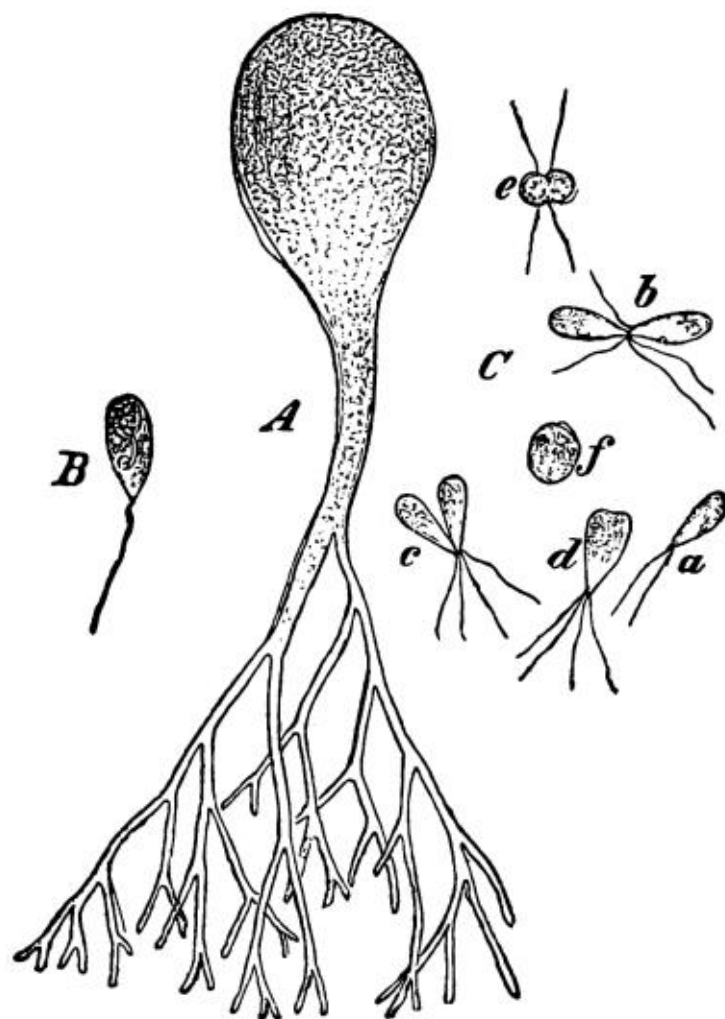


Рис. 143а.

Ботридиум гранулятум. *A* - целое растение; *B* - роевая спора; *C* - планогаметы; *a* - одиночная гамета; *b-e*- две гаметы в процессе слияния; *f*- зигота.

308. Botrydium granulatum. Примером одного из более простых представителей семейства сифонных является *Botrydium granulatum*. Иногда он встречается в изобилии на влажной почве, которая окрашивается в зеленый или красный цвет в зависимости от стадии развития. Тело растения длинное, грушевидной формы, меньший конец прикреплен к земле тонкими разветвленными ризоидами ([рис. 143](#)). Протоплазма содержит много ядер и выстилает внутреннюю стенку. Когда происходит размножение, в протоплазме образуется большое количество мелких зооспор с одной ресничкой каждая, которые выходят на свободный конец. Размножение происходит с помощью двумерных гамет, которые парами сливаются, образуя зигоспоры. В засушливые сезоны протоплазма грушевидного растения переходит в ризоиды и образует небольшие округлые *планоспоры*. Все этапы разработки слишком сложны, чтобы описывать их здесь.

ГЛАВА XVI. ДОГОНИЙ.

309. *Ædogonium* также является водорослью. Растение иногда ассоциируется со спирогирой и встречается в сходных ситуациях. Наше внимание было привлечено к этому при изучении хлорофилловых телец. Мы помним, что у этого растения они представляют собой маленькие овальные диски и, таким образом, отличаются от таковых у спирогиры.

310. Форма *ædogonium*. Подобно спирогире, *ædogonium* образует простые нити, которые состоят из цилиндрических ячеек, расположенных встык. Но растение сильно отличается от любого представителя группы, к которой принадлежит спирогира. Во-первых, каждая клетка не является эквивалентом отдельного растения, как у спирогиры. Рост локализован или ограничен определенными клетками нити, которые делятся на одном конце таким образом, что остается своеобразное перекрытие клеточных стенок в виде ряда неглубоких крышечек или сосудов ([рис. 144](#)), и это одна из характеристик этого рода. Другие различия мы находим в способе размножения.

311. Стадия плодоношения *ædogonium*.—Материал на стадии плодоношения довольно легко достать, и его можно сохранить для исследования в формалине, если есть какие-либо сомнения относительно его получения в то время, когда он нам нужен для исследования. Это состояние растения легко обнаружить по набуханию некоторых клеток или по наличию коричневых телец с толстой стенкой в некоторых клетках.

312. Половые органы *ædogonium*. Оогоний и яйцеклетка.—Увеличенная ячейка - это оогоний, стенка ячейки - это стенка оогония. (См. [рис. 145](#).) Протоплазма внутри, до оплодотворения, и есть яйцеклетка. В тех случаях, когда присутствует коричневое тело с толстой стенкой, произошло оплодотворение, и это тело является *оплодотворенной яйцеклеткой*, или *ооспорой*. Он содержит большое количество маслянистого вещества и, подобно оплодотворенной яйцеклетке спирогиры и ваухерии, способен выдерживать более сильные перепады температур, чем на вегетативной стадии, и может некоторое время выдерживать сушку и замораживание без травм.



Рис. 144.

Участок нити *ædogonium*, показывающий зерна хлорофилла и своеобразные клеточные стенки шляпки.

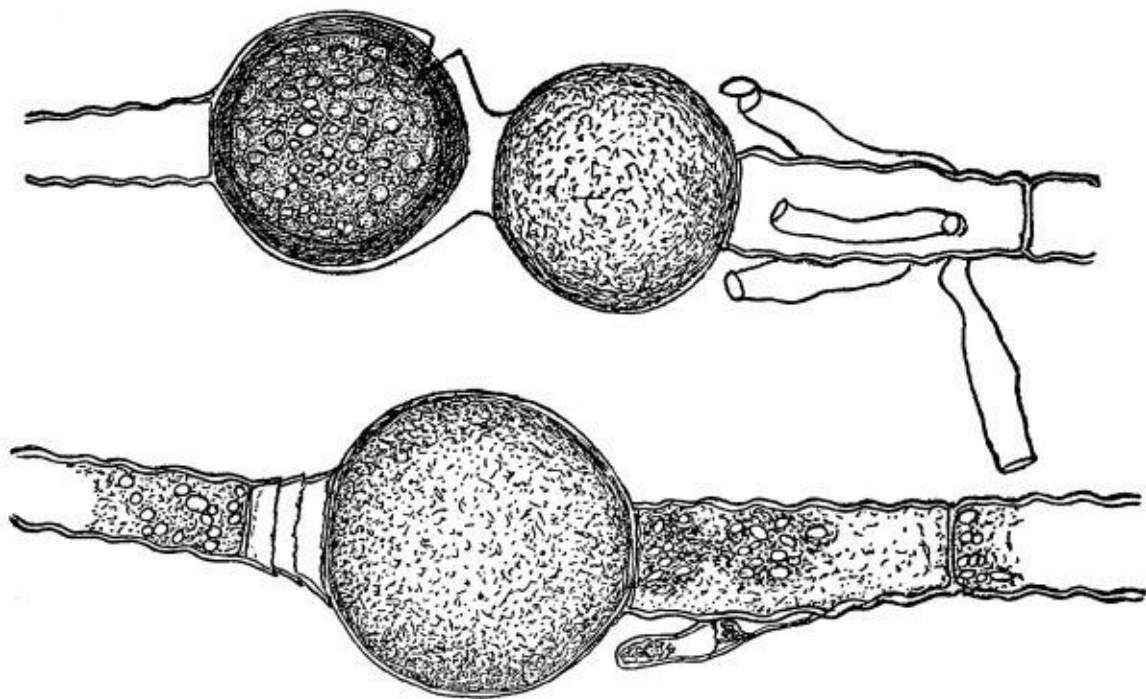


Рис. 145.

Oedogonium undulatum с оогониями и карликовыми самцами; верхний оогоний справа имеет зрелую ооспору.

В стенке оогония часто можно увидеть трещину около середины одной стороны или около верхнего конца. Это отверстие, через которое вошел сперматозоид для оплодотворения яйцеклетки.

313. Карликовые мужские растения.—У некоторых видов также можно увидеть своеобразные карликовые растения булабовидной формы, прикрепленные сбоку от оогония или рядом с ним, и во многих случаях конец этого карликового растения имеет открытую крышечку на конце.

314. Антеридий.—Конечной клеткой карликового самца у таких видов является *антеридий*. У других видов сперматозоиды развиваются в разных клетках (антеридиях) одной и той же нити, несущей оогоний, или на другой нити.

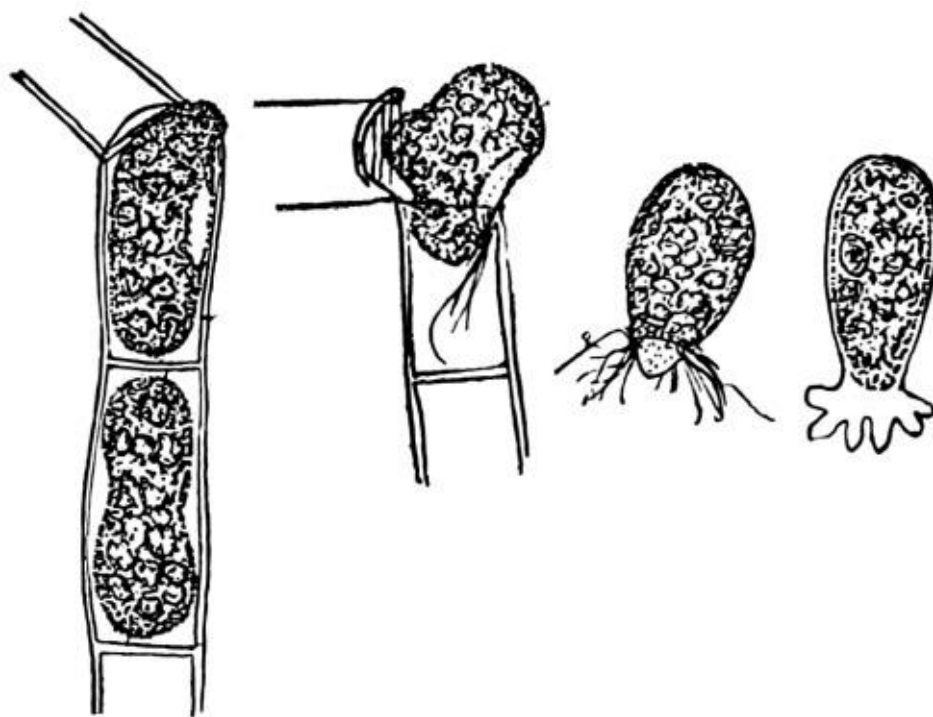


Рис. 146.

Зоогонидии *oedogonium* убегают. Справа прорастают и образуют опоры, с помощью которых эти водоросли прикрепляются к объектам для поддержки. (После Прингсгейма.)

315. Стадия зооспоры *oedogonium*.—Яйцеклетка после периода покоя снова начинает активную жизнь. При этом не происходит непосредственного развития нитевидного растения, как в случае с *vaucheria* и *spirogyra*. Сначала он делится на четыре зооспоры, которые по форме в точности напоминают зоогонидии. (См. [рис. 152](#).) Они прорастают и снова приобретают нитевидную форму. Это весьма примечательная особенность *oedogonium* по сравнению с *vaucheria* или *spirogyra*. Это введение промежуточной стадии между оплодотворенной яйцеклеткой и той формой растения, которая несет половые органы, и об этом следует хорошо помнить.

316. Бесполое размножение.—Материал для изучения этой стадии *oedogonium* нелегко получить именно тогда, когда мы хотим его изучить. Но свежие растения, привезенные и помещенные в большое количество пресной воды, могут дать подходящий материал, и его следует проверять с интервалом в несколько дней. Этот вид размножения происходит путем образования *зоогонидий*. Все содержимое клетки округляется в овальное тело, стенка клетки разрушается, и зоогонидий выходит наружу. На маленьком конце имеется свободное пространство, и вокруг этого свободного пространства находится ряд или коронка ресничек, как показано на [рис. 146](#). Благодаря вибрации этих ресничек зоогонидий некоторое время плавают вокруг, затем оседают на какой-нибудь предмет опоры, и из него вырастает несколько тонких опор в виде коротких ризоидов, которые прикрепляют молодое растение.



Рис. 147.

Часть нити sedogonium, показывающая антеридии.

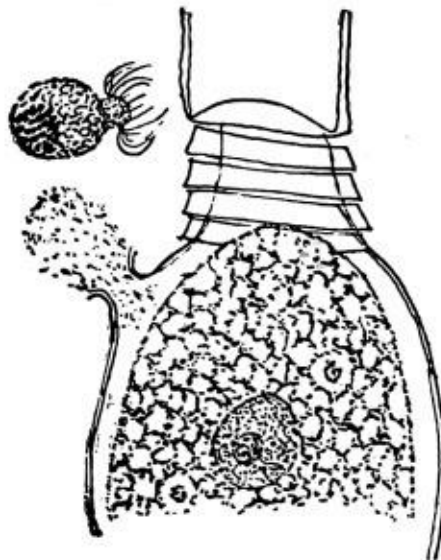


Рис. 148.

Участок нити sedogonium, показывающий открытую верхнюю половину яйцеклетки и сперматозоид, готовый к введению. (После Клебана).

317. Половое размножение. Антеридии.—Антеридии представляют собой короткие клетки, которые образуются в результате деления одной из обычных клеток на ряд дискообразных, как показано на [рис. 147](#). Протоплазма в каждой антеридии образует два сперматозоида (иногда только один), которые имеют ту же форму, что и зоогонидии, но меньшего размера и желтоватые, а не зеленые. У некоторых видов сначала образуется подвижное тело, промежуточное по размеру и цвету между сперматозоидами и зоогонидиями, которое после плавания останавливается на оогонии или рядом с ним и развивает так называемое “карликовое мужское растение”, из которого образуется настоящий сперматозоид.



Рис. 149.

Мужское ядро только что вошло в яйцеклетку с левой стороны.



Рис. 150.

Мужское ядро сливается с женским.

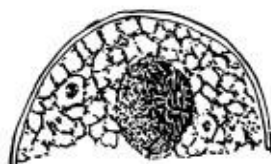


Рис. 151.

Два ядра срослись, оплодотворение завершено.

Рис. 149-151.—Оплодотворение *oedogonium*. (После Klebahn).

318. Оогонии.—Оогонии образуются непосредственно из одной из вегетативных клеток. У большинства видов эта клетка сначала увеличивается в диаметре, так что ее легко обнаружить. Протоплазма внутри - это яйцеклетка. Стенка оогония открывается, выделяется немного протоплазмы, затем сперматозоид проникает внутрь и оплодотворяет ее ([рис. 148](#)). Теперь вокруг него образуется твердая коричневая стена, и, точно так же, как у спирогиры и *vaucheria*, он проходит период покоя. Во время прорастания он не производит нитевидное растение снова напрямую, но сначала образует четыре зооспоры, точно такие же, как у зоогонидий ([рис. 152](#)). Затем эти зооспоры прорастают и образуют растение.

319. Догониум в сравнении со спирогирой.—Теперь, если мы сравним *oedogonium* со спирогирой, как мы сделали в случае *vaucheria*, мы обнаружим, что здесь также наблюдается прогресс в отношении простого состояния, которое существует у *spirogyra*. Рост и деление нити ограничено определенными участками. Половые органы дифференцированы. Обычно они отличаются по форме и размеру от вегетативных клеток, хотя оогоний - это просто измененная вегетативная клетка. Половые органы дифференцированы между собой, антеридий маленький, а оогоний большой. Гаметы также различаются по размеру, и мужская гамета мобильна и несет в своем теле ядро, которое сливается с ядром яйцеклетки.

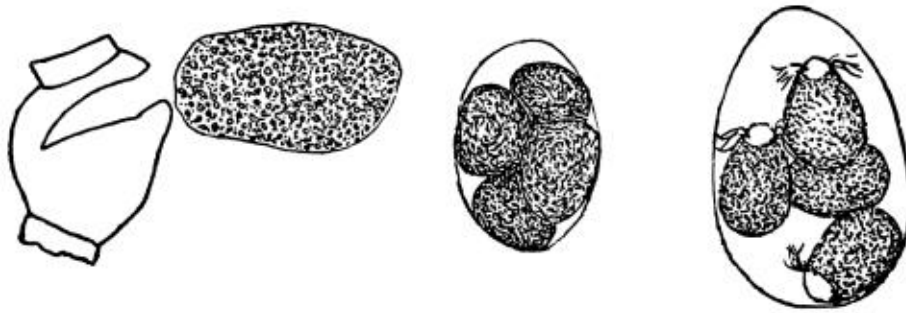


Рис. 152.

Оплодотворенная яйцеклетка *oedogonium* после периода покоя отделяется от стенки оогония и делится на четыре зооспоры. (В честь Джураньи.)

Но более поразительным достижением является тот факт, что оплодотворенная яйцеклетка не производит вегетативную нить *oedogonium* напрямую, а сначала образует четыре зооспоры, каждая из которых затем способна развиться в нить. С другой стороны, мы обнаружили, что у спирогиры зигоспора развивается непосредственно в нитевидную форму растения.



Рис. 153.

Пучок хетофоры, натуральный размер.

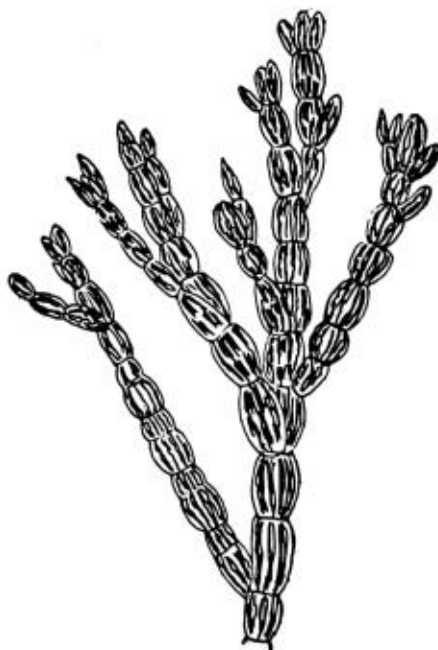


Рис. 154.

Часть хетофоры, показывающая ветвление.

320. Положение *œdogonium*.—*œDogonium* - одна из настоящих нитевидных водорослей зеленого цвета, нити разделены на отдельные клетки. Он, вместе со многими сородичами, когда-то был отнесен к старому роду *conferva*. Все они теперь помещены в группу *Confervoideæ*, то есть в *водоросли, подобные conferva*.

321. Родственники *œdogonium*.—Многие другие роды связаны с *œdogonium*. Некоторые состоят из простых нитей, а другие - из разветвленных нитей. Примером разветвленных форм является *chætophora*, представленная на рисунках [153](#), [154](#). Это растение растет в тихих водоемах или в медленно текущей воде. Оно прикрепляется к палкам, камням или к более крупным водным растениям. Множество нитей отходят от одной и той же точки прикрепления и расходятся во всех направлениях. Это, вместе с разветвлением нитей, образует небольшую, компактную, зеленоватую округлую массу, которая прочно удерживается вместе студенистым веществом. Массы у этого вида размером с небольшую горошину или меньше. Рост происходит у хетофоры на концах нитей и ветвей. То есть рост апикальный. Это, вместе с разветвленными нитями и тенденцией к образованию клеточных масс, значительно улучшает вегетативное состояние растения по сравнению с тем, что мы находим в простых нитях *œdogonium*.

ГЛАВА XVII. КОЛЕОХИТ.

322. Среди зеленых водорослей *coleochæte* - одна из самых интересных. В этой стране известно несколько видов. По крайней мере, одно из них следует изучить, если возможно его получить. Встречается в воде пресных озер и прудов, прикрепляется к водным растениям.



Рис. 155.

Стебель водного растения с колеохитом, натуральный размер.

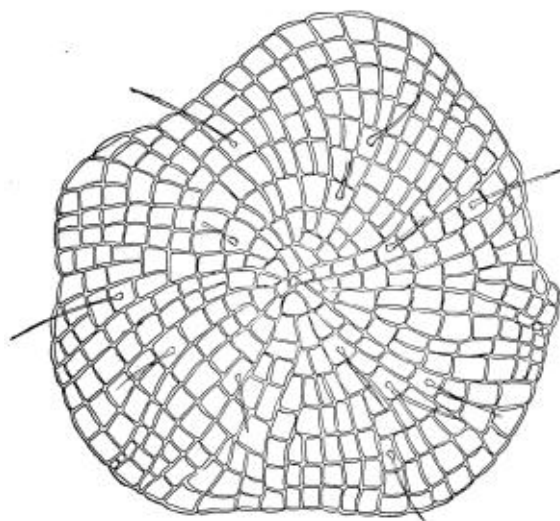


Рис. 156.

Слоевище *Coleochæte scutata*.

323. Колеохит щитовидной формы.—Это растение (*C. scutata*) имеет форму сплюсненной круглой зеленой пластинки, как показано на [рис. 156](#). Он прикрепляется ближе к центру с одной стороны к камышу и другим растениям и уже несколько лет встречается в большом количестве в водах озера Каюга на его южной оконечности. Как будет видно, он состоит из одного слоя зеленых клеток, которые расходятся от центра разветвленными рядами наружу, причем клетки расположены так близко друг к другу, что образуют сплошную пластинку. Растение начало свой рост с единственной клетки в центральной точке и разрасталось по краям во всех направлениях. Иногда они имеют довольно неправильную форму, когда лежат довольно близко друг к другу и мешают друг другу из-за давления. Если внимательно осмотреть поверхность, то можно обнаружить длинные волоски, основание которых заключено в узкую оболочку. Именно от этого признака род получил свое название *coleochaete* (покрытый волосами).



Рис. 157.

Часть слоевища *Coleochaete scutata*, показывающая пустые клетки, из которых сбежали зоогонидии, по одной из каждой клетки; зоогонидии слева. (После Прингсхайма.)



Часть слоевища *Coleochæte scutata*, на которой видны четыре антеридия, образованные из одной клетки слоевища; справа - единственный сперматозоид. (После Прингсхайма.)

324. Стадия плодоношения колеохейта.—В некоторые сезоны года можно обнаружить округлые скопления клеток, расположенные у края этого зеленого диска. Они развились из оплодотворенной яйцеклетки, которая осталась прикрепленной к растению, и, вероятно, к этому времени материнское растение потеряло свой цвет.

325. Стадия зооспоры.—Эта масса ткани не развивается непосредственно в круглый зеленый диск, но каждая из клеток образует зооспору. Таким образом, здесь, как и в случае с *œdogonium*, мы имеем другую стадию растения, расположенную между оплодотворенной яйцеклеткой и той стадией растения, которая несет гаметы. Но у *coleochæte* мы имеем явный прогресс в этой стадии по сравнению с тем, что присутствует у *œdogonium*, поскольку у *coleochæte* оплодотворенная яйцеклетка сначала развивается в многоклеточную массу ткани до образования зооспор, в то время как у *œdogonium* только четыре зооспоры образуются непосредственно из яйца.

326. Бесполое размножение.—При бесполом размножении любая из зеленых клеток растения может образовывать зоогониды. Содержимое клетки округляется и образует единый зоогонидий с двумя ресничками на меньшем конце овального тела, [рис. 157](#). Поплавав некоторое время, они останавливаются, прорастают и дают новое растение.

327. Половое размножение.—Оогоний.Оогоний образуется в результате увеличения клетки на конце одной из нитей, а затем конец клетки удлиняется в тонкую трубку, которая открывается на конце, образуя канал, по которому сперматозоид может пройти вниз к яйцеклетке. Яйцеклетка формируется из содержимого клетки ([рис. 159](#)). На одном растении образуется несколько оогоний, причем у такого растения, как *C. scutata*, они образуются в виде кольца у края диска.

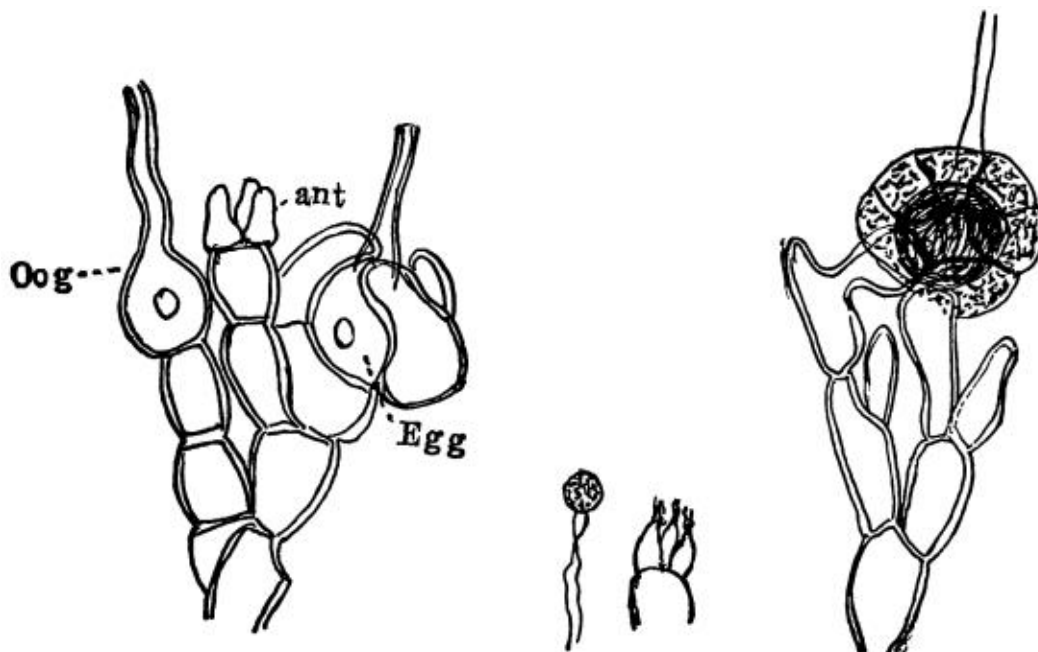


Рис. 159.

Coleochæte soluta; слева ветвь, несущая оогоний (*oog*); антеридии (*ant*); яйцеклетка в оогонии, окруженная обволакивающими нитями; в центре три открытых антеридия и один сперматозоид; справа спорокарпий, зрелая яйцеклетка внутри стенки спорокарпа.



Рис. 160.

Два спорокарпика, все еще окруженные слоевищем. Слоевище окончательно разлагается и освобождает спорокарпий.



Рис. 161.

Спорокарпий разрывается при росте яйцеклетки с образованием клеточной массы. Клетки этого спорофита образуют зооспоры.

Рис. 160, 161. *C. scutata*.

328. Антеридии.—У *C. scutata* определенные клетки растения делятся на четыре клетки меньшего размера, и каждая из них становится антеридием. У *C. soluta* антеридии вырастают из концов концевых клеток в виде коротких колбочек, иногда по четыре или меньше ([рис. 159](#)). Из содержимого образуется единственный сперматозоид. Он овальный и имеет две длинные реснички. Проплыв по кругу, он проходит по трубке оогония и оплодотворяет яйцеклетку.

329. Спорокарпий.— После оплодотворения яйцеклетки клетки нитей рядом с яйцеклеткой разрастаются вокруг нее и образуют плотный покров толщиной в одну клетку. Эта оболочка становится коричневой и твердой и служит для защиты яйцеклетки. Это “плод” колеохиты, его иногда называют спорокарпом (плод-споры). Развитие клеточной массы и зооспор из яйцеклетки было описано выше.

Некоторые виды *coleochaete* состоят из разветвленных нитей, в то время как другие образуют круглые подушки толщиной в несколько слоев. Эти формы вместе с формой

нашего растения *C. scutata* образуют интересную серию переходных форм от нитевидных структур к расширенному растительному телу, состоящему из массы клеток.

330. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ДЛЯ СПИРОГИРЫ, VAUCHERIA, DDOGONIUM, COLEOSHAETE.

ГАМЕТОФИТ. (Несет половые органы и гонидии.)		Как ОВОЩ. РАЗВИВАЕТСЯ ФАЗА	
Половое РАЗМНОЖЕНИЕ.		несет гаметофиты.	
Половые Гаметы Плюсы.		Плюсы.	
Мн			Н
ВЕ ВЕГ ОЖЕ	с		епо
ГЕТ ЕТА СТВ	е		сре
АТ ТИ ЕНН	к		дст
ИВ ВН ОСТ	л у		вен
НА ОГ Ь	е т		3 но
я о	П т е	Недиффе Недиффере	игос раз
ФА РОС УМН	рос к м	ренциро нцированн	пора вив
ЗА ТА. ОЖЕ	тые и р	ванныхый. ый.	ает
ние. Сп	нит д а		поко ся
ир	и е з		ится. вег
ог	цил л р		ета
ир	инд я ы		тив
а.	рич т в		ная
	еск с а		фаз
	их я н		а.
	кле и и	Люб	
ток.	р т ая		
	а е ячейка		
	с й. нити.	Все	содержимое
	т Конъю	коъюгирующих клеток.	
	у гируют		
	т. в		
	пробир		

ке.

										Я		Р	
										йц	азв		
										екл	ива		
										етк	етс		
										а	я		
										(ил	неп		
										и	оср		
										яй	едс		
										чек	тве		
										лет	нно		
										оч	в		
										ная	вег		
										спо	ета		
										ра).	тив		
										От	ну		
										ды	ю		
										хае	фаз		
										т.	у.		
Vau che ria.	Р	О	М	Дифференцированным Дифференцированным и.ый.		О							
	О	М	О	Дифференцированным Дифференцированным и.ый.									
				Я									
				йце	Де								
				кле	ли								

нити	ива	ны				тка	тся
из	етс	ми				(ил	на
цили	я	зоо				и	чет
ндри	опр	го				яйц	ыр
ческ	еде	ни				екл	е
ихяч	лен	ди				ето	кле
еек.	ны	ям				чна	тк
	ми	и				я	и;
	уча	ско				спо	ка
	стк	ро				ра).	жд
	ами	нк				Отд	ая
	нит	ой				ыха	обр
	и.	рес				ет.	азу
		ни					ет
		че					зоо
		к.					спо
		Лю					ру,
		ба					кот
		я					ора
		кл					я
		ет					сно
		ка					ва
		мо					раз
		же					ви
		т					вае
		об					тся
		раз					в
		ов					вег
		ыв					ета
		ать					тив
		от					ну
		де					ю
		ль					фаз
		ны					<u>у.</u>
		й					
		зоо	А	О	С		
		го	нт	ого	пер		
		ни	ер	ни	мат		
		ди	ид	й,	озо	Круп	
		й.	ии	из	ид	ная	
			ди	ме	ы		
			ск	не	ова	яйце	
			ов	нн	льн	видн	
			ид	ая	ой	ая	
			но	вег	фор		
			й	ета	мы	ячей	
			фо	тив	с	ка.	
			рм	ная	кор		
			ы,	кле	онк		
			не	тка	ой		

ск , из
ол рас рес
ьк кр нич
о ыв ек.
из ает По
од ся два
но и от
й вы каж
вег дел дог
ет яет о
ат не ант
ив мн ери
но ого дия
й пр .
кл ото
ет пла
ки. зм
Ин ы.
ог
да
на
са
мц
ах
dw
aP
Ф.

Р		З	ξ I	
Кол ьцев идн ые.	азв	оог	йц	аж
	етв	он	ек	д
	ле	ид	ле	ы
	нн	ия	тк	й
	ые	ми	а	из
	ни	с	(о	ни
	ти	К дв	кр	х
	ил	онц ум	уж	об
	и	евы я	ен	ра
	ко	е рес	а	зу
	мп	или ни	ст	ет
	акт	кра чка	ен	зо
	ны	евы ми.	ко	ос
	е	е. Лю	й	по
	кру	бая	из	ру.
	гл	кл	га	Из
	ые	етк	ме	зо
	пла	а	то	ос
	сти	мо	фи	по
	нк	же	та)	ры
		т	.	ра

и.	об		От	зв
	раз		ды	ив
	ов		ха	ае
	ыв		ет.	тс
	ать		Де	я
	ед		ли	ов
	ин		тс	о
	ый		я и	щ.
	зоо		ра	сн
	го		ст	ов
	ни		ет,	а
	ди		об	фа
	й.		ра	за.
			зу	
			я	
			ма	
			ссу	
			кл	
			ет	
			ок.	

л О

нт	ого	О
ер	ний	вал
ид	,	ьн
ии	уве	ый,
,	лич	дву
че	енн	ств
т	ый	орч
ы	ово	ат
ре	щ.	ый
ил	кле	спе
и	тка,	рм
не	сос	ато
ск	тоя	зои
ол	щяя	Д,
ьк	изт	по
о	руб	од
на	ки	но
м	дли	му
од	ной	на
но	h,	м
го	чер	ка
ов	ез	жд
о	отв	ой
щ	ерс	нте
а.	тие	ри
кл	кот	ди
ет	оро	и.
ка	й	

. пос
 туп
 ает
 спе
 рма
 тоз
 оид
.
Пос
ле
опл
одо
тво
рен
ия
оог
они
й
окр
ужа
ет
сте
нка
обв
ола
кив
аю
щи
х
нит
ей.

ГЛАВА XVIII.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ.

Чтобы показать общее родство изученных водорослей, здесь перечислены основные классы, а также некоторые семейства. В некоторых группах, не представленных рассмотренными выше примерами, описано несколько видов, которые при желании могут послужить основой для дополнительных исследований. Основными классами [\[17\]](#) *algae* являются следующие:

Класс Хлорофилловых.

331. Это зеленые водоросли, названные так потому, что зеленый цвет хлорофилла обычно не маскируется другими пигментами, хотя в некоторых формах он маскируется. Существует три подкласса.

332. Подкласс ПРОТОКОККОИДНЫЕ.—В протококкоидных встречаются простейшие зеленые растения. Многие из них состоят из отдельных клеток, которые живут самостоятельной жизнью. Другие образуют “колонии”, рыхлые скопления особей, еще не достигших постоянства даже простого растительного организма, поскольку клетки часто легко отделяются и способны образовывать новые колонии. Колонии часто удерживаются вместе студенистой мембраной, или матриксом. Некоторые из них подвижны, в то время как другие неподвижны. Здесь перечислены несколько семейств.

333. Семейство Вольвоцветные.— Все они подвижны на вегетативной стадии. Особи единичны или образуют более или менее шаровидные колонии.

334. Растение “красный снег” (*Sphærella nivalis*).— Это растение часто встречается в арктических и альпийских регионах, образуя красное покрытие на более или менее больших площадях снега или льда. По этой причине его называют “красным снежным растением”.

335. *Sphærella lacustris*, близкородственный вид, очень широко распространен в регионах с умеренным климатом вдоль ручьев или на границах озер и прудов. Здесь в сухую погоду его часто можно встретить плотно прилегающим к сухой поверхности скалы и придающим ей красноватый цвет, как если бы скала была окрашена. Особенно это касается неглубоких впадин, образовавшихся на неровной поверхности скалы у кромки воды. В этих местах во время сильных дождей или в половодье воды достаточно, чтобы наполнить впадины. В это время красное снежное растение растет и размножается, теряет свой красный цвет и становится зеленым, и, будучи подвижным, находится в свободном плавании. Это одноклеточное растение овальной формы, окруженное студенистой оболочкой и с двумя ресничками или жгутиками на меньшем конце, за счет вибрации которых оно движется ([рис. 162](#)). Одиночная клетка размножается путем деления на две клетки. Когда вода в бассейне высыхает, подвижное растение замирает, и многие клетки приобретают красный цвет. Чтобы получить растение для изучения, соскребите немного красного покрова с этих каменных впадин и поместите его в свежую родниковую воду, и примерно через день ройщики, вероятно, будут обнаружены. При определенных условиях образуются небольшие микрозоиды.

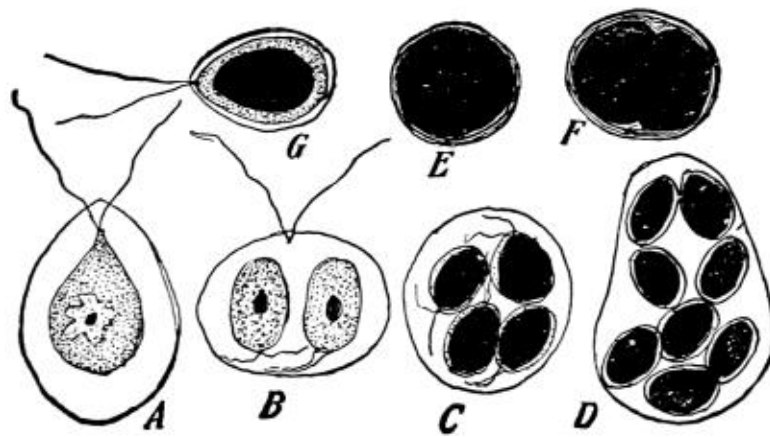


Рис. 162.

Sphaerella lacustris (Girod.) Виттрок. А половозрелая особь, свободно плавающая, с красным пятном в центре. В, деление материнской особи до образования двух. С, деление красной особи до образования четырех. D, деление на восемь. E, типичная покоящаяся клетка, красная. F, то же самое начало деления. G, одна из четырех дочерних зооспор, после некоторого плавания теряет свой красный цвет и становится зеленой. (По Хейзену.)

336. Chlamydomonas - очень интересный род подвижных одноклеточных зеленых водорослей, поскольку среди низших животных эти виды тесно связаны со жгутиконосцами. Растение овальной формы, с единственным хлоропластом и окружено студенистой оболочкой, через которую проходят две реснички или жгутика. Одноклеточные организмы такого рода иногда называют *монадами*, то есть одноклеточными существами. Этот имеет студенистый покров и, следовательно, является *замаскированной монадой* (*Chlamydomonas*). Этот вид часто встречается в виде очень тонкой зеленой пленки в пресной воде. *S. pulvisculus* показан на [рис. 163](#). При размножении одиночная клетка делится на две, как показано на В. Иногда образуется неподвижная стадия пальмеллы, как показано на С и D. Размножение происходит гаметам не одинакового размера, меньшая представляет собой сперматозоид, а большая - яйцеклетку, как на E и F. Они конъюгируют, как на G и H, протоплазма меньшей переходит в большую, и таким образом образуется зигоспора.

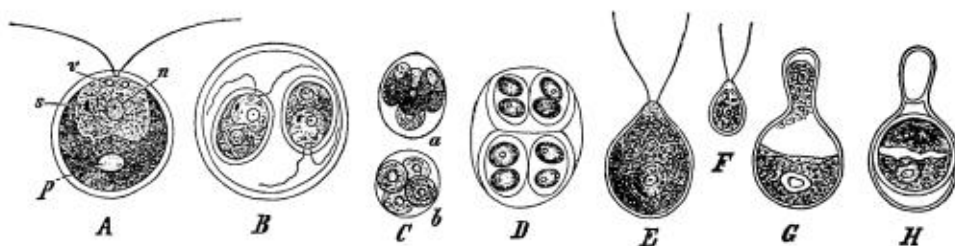


Рис. 163.

Chlamydomonas pulvisculus (Müll.) Ehrb. А, старая подвижная особь; n, ядро; p, пиреноидит; s, красное глазное пятно; v, сократительная вакуоль; В, подвижная особь втянула реснички и разделилась на две; С, материнское растение втянуло реснички и разделилось на четыре неподвижные клетки; D, стадия пальмеллы; E, женская гаметная яйцеклетка; F, мужская гамето-сперматозоид; G, ранняя стадия конъюгации; H, зигоспора с конъюгирующей трубкой и прикрепленной пустой мужской клеткой. (Вслед Уиллу.)

337. Из тех, что образуют колонии, *Pandorina morum* широко распространена и не является редкостью. Она состоит из сферы, образованной шестнадцатью особями,

заключенными в тонкую студенистую оболочку. Каждая клетка обладает двумя ресничками (или жгутиками), которые отходят от более широкого конца наружу через окружающую мембрану. Благодаря движению этих жгутиков колония перекачивается в воде. Когда растение размножается, каждая отдельная клетка делится на шестнадцать маленьких клеток, которые затем растут и образуют новые колонии. Размножение происходит, когда отдельные клетки молодых колоний отделяются, и обычно маленькая особь соединяется с более крупной и образуется зигоспора (см. [рис. 164](#)). *Eudorina elegans* в чем-то похожа, но когда формируются гаметы, некоторые материнские клетки делятся на шестнадцать маленьких подвижных самцов или сперматозоидов, а некоторые другие материнские клетки делятся на шестнадцать больших подвижных самок или яйцеклеток. Они отделяются от колоний, а сперматозоиды соединяются с яйцеклетками и сливаются, образуя зигоспоры. Это растение, а также *Chlamydomonas pulvisculus* предвещают раннюю дифференциацию пола у растений.

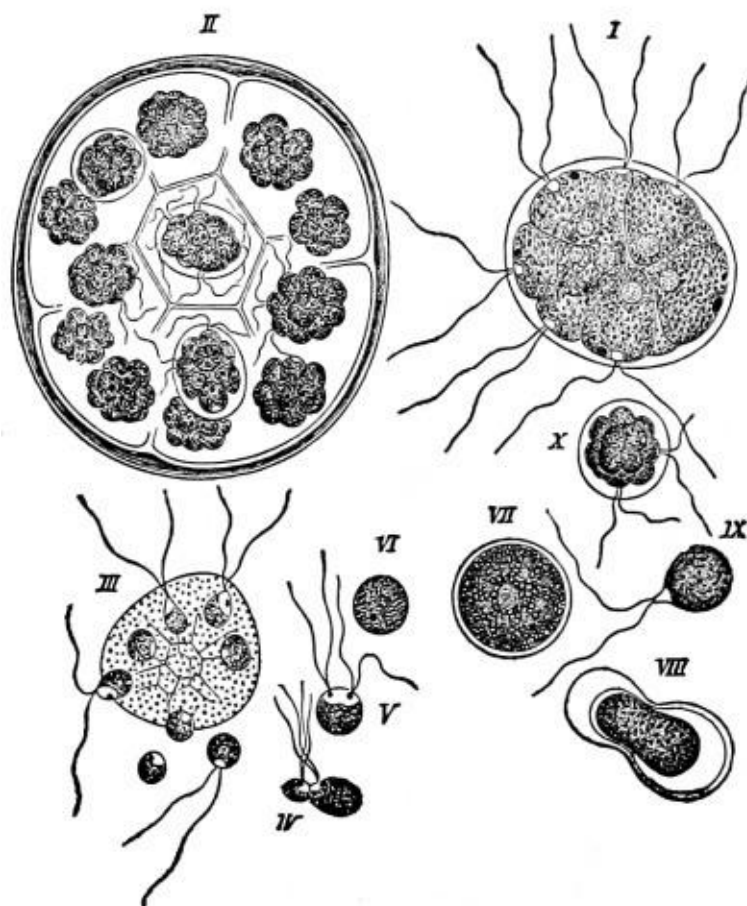


Рис. 164.

Pandorina morum (Müll.) Бори.

I, подвижная колония;

II, колония, разделенная на

16 дочерних колоний;

III, половая колония, гаметы отходят;

IV, V, конъюгирующие гаметы;

VI, VII, молодая и старая зигоспоры;

VIII, зигоспора, образующая большую роевую

спору, которая свободна в IX;

X, та же крупная роевая спора, разделенная

с образованием молодой колонии.

(После Прингсхайма.)



Рис. 165.

Обыкновенный плеврококк (protococcus).

338. Семейство Тетраспоровые.—Это семейство хорошо представлено *Tetraspora lubrica*, образующей слизистые зеленые сетчатые листы, прикрепленные к предметам в медленно текущей воде. На самом деле это одноклеточное растение. Округлые ячейки делятся поперечными стенками на четыре ячейки, и снова на эти, и так далее, причем большое их количество удерживается в виде свободных слоев слизи, в которую они погружены.

339. Семейство Плеурокоссовые.—Все представители этого семейства неподвижны в вегетативной стадии. Они состоят из отдельных особей или колоний. *Pleurococcus vulgaris* (Протококк обыкновенный) - одноклеточная водоросль, обычно добываемая без особых трудностей. Часто встречается на затененной, прохладной или влажной стороне деревьев,

камней, стен и т.д., Во влажных местах. Это растение неподвижно. Он размножается путем деления ([рис. 165](#)) на две, затем на четыре и т.д. Эти клетки некоторое время остаются объединенными, затем разделяются. Иногда обнаруживается, что клетки разрастаются в нити, и некоторые считают, что *P. vulgaris* может быть лишь простой стадией высшей водоросли. *Eremosphaera viridis* - еще одна одноклеточная водоросль, обитающая в пресной воде среди нитчатых форм. Клетки крупные и шаровидные.

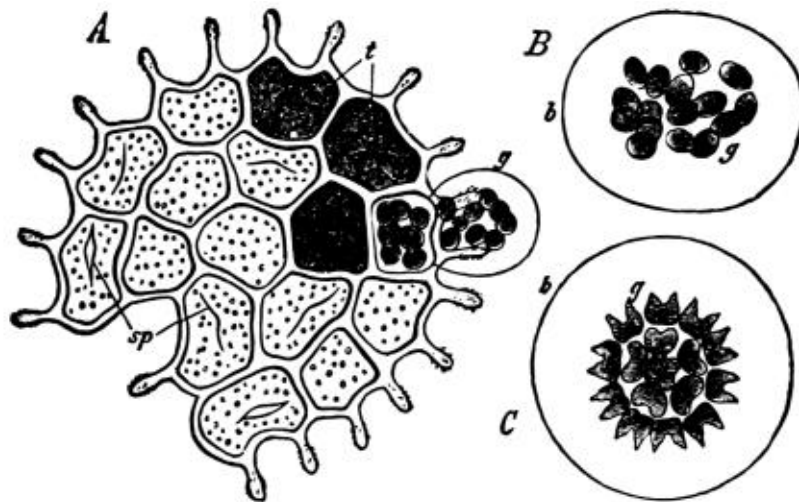


Рис. 166.

Педиаструм борьянум. А, зрелая колония, большинство молодых колоний отделились от своих материнских клеток; в *g* отделяется молодая колония; *sp*, пустые материнские клетки; В, молодая колония; С, та же колония со спорами, расположенными по порядку. (В честь Брауна.)

340. Семейство Гидродиктиевые.—Эти растения образуют колонии клеток. *Hydrodictyon reticulatum*, водная сеть, состоит из большого количества цилиндрических ячеек, соединенных таким образом на своих концах, что образуется большая открытая сетка. *Pediastrum* образует круглые плоские колонии, как показано на [рис. 166](#). Оба этих растения довольно распространены в пресноводных бассейнах, причем последнее переплетается с нитевидными водорослями, в то время как первое образует большие листы или сетки. Размножение у *Hydrodictyon* происходит за счет протоплазмы в одной из клеток, делящейся на тысячи мельчайших клеток, которые постепенно выстраиваются в виде сетки, вместе отделяются от материнской клетки и вырастают в большую сеть. У *Pediastrum* размножение происходит аналогичным образом, но протоплазма в каждой клетке обычно делится на шестнадцать маленьких клеток, которые, вырвавшись вместе из материнской клетки, выстраиваются и вырастают до полного размера ([рис. 166](#)).

341. Конъюгаты включают несколько семейств зеленых водорослей, которые, вероятно, следует включить в число хлорофициевых. Вероятно, они произошли от некоторых из более простых представителей *Protococcoideae*. Они представлены спирогирой, зигнемой и десмидами, изученными в [главе 14](#).

342. Подкласс CONFERVOIDEAE.—Это в основном нитевидные водоросли, нити которых состоят из прочно соединенных клеток, и, за исключением простейших форм, имеют определенную точку роста. Вот некоторые из этих семейств:

343. Семейство Ульвовые.—В них содержатся морские водоросли или морской салат-латук, такие как ульва, образующие в море расширенные зеленые наросты, похожие на ленты.

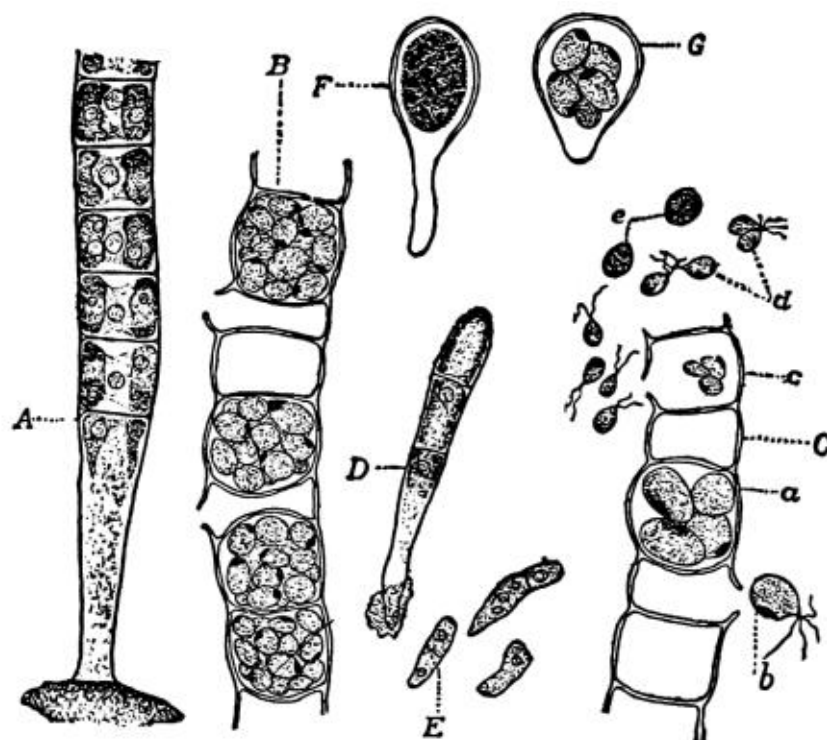


Рис. 167.

Ulothrix zonata. A, основа нити. B, клетки с зооспорами, C, одна клетка с вылетающими зооспорами, другая клетка с вылетающими маленькими двустворчатыми гаметами, часть из которых сливается с образованием зигоспор, E, зооспоры прорастают и образуют нити: F, G, зигоспоры растут и образуют зооспоры. (В честь Колдуэлла и Доделпорта.)

344. Семейство Ulotrichaceae, представленное *Ulothrix zonata*, нередко встречается в медленно текущей воде или в прудах с пресной водой, прикрепленных к камням или дереву. Он состоит из простых нитей коротких клеток. Размножение происходит зооспорами. Размножение происходит подвижными половыми клетками (гаметами), которые сливаются, образуя зигоспору ([рис. 167](#)).

345. Семейство Chætophoraceae, представленное *Chætophora* (в [главе 15](#)) и *Drapernaudia* в пресной воде.

346. Семейство Oedogoniaceae, представленное *Oedogonium* ([глава 16](#)).

347. Семейство Coleochætaceae, представленное *Coleochæte* ([глава 17](#)).

348. Подкласс SIPHONAE.— Существует несколько семейств.

349. Семейство Ботридиевые.— Это представлено *Botrydium granulatum* (глава 15, [стр. 146](#)).

350. Семейство Vaucheriaceae, представленное *Vaucheria* ([глава 15](#)), с довольно большим количеством видов, широко распространено.

Класс Шизофреников (= Cyanophyceae).

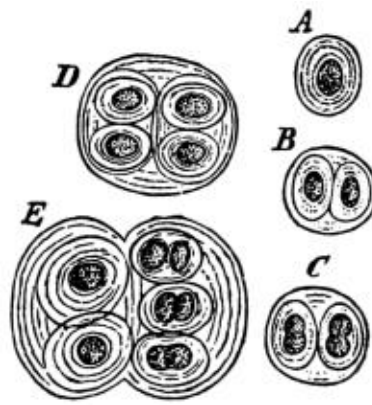


Рис. 168.
Глокапса.

351. Сине-зеленые водоросли, или цианофиции образуют слизистые тонкие маты на влажной древесине или земле, плавающие маты или пену на воде. Цвет обычно голубовато-зеленый, но у некоторых видов он фиолетовый, красный или коричневый. Все они содержат хлорофилл, но он отсутствует в отдельных хлоропластах и более или менее полностью маскируется присутствием других пигментов. Различают два порядка и восемь семейств. Ниже приведены некоторые из наших распространенных формуляров:

352. ОТРЯД КОККОГОННЫЕ (COCCOGONEAE).—Одноклеточные растения, встречающиеся поодиночке или колониями, у некоторых форм образующие короткие нити. Упоминается одно из двух семейств.

353. Семейство Chroococcaceae.—Растения размножаются только делением клеток. Хроококк образует округлые сине-зеленые клетки, заключенные в толстую студенистую оболочку, в пресной воде и во влажных местах; некоторые виды образуют "лишайниковые гонидии" у некоторых родов лишайников. *Gloeocapsa* похожа на *Chroococcus*, но колонии окружены дополнительной общей студенистой оболочкой ([рис. 168](#)); на влажных камнях и т.д.

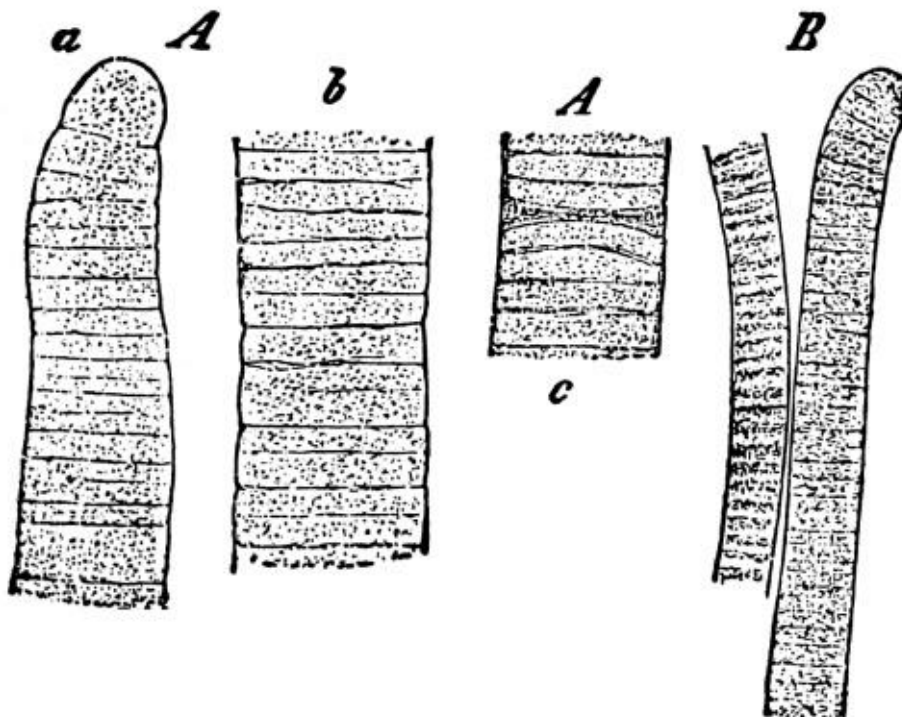


Рис. 169.

А, главный осциллятор, а, концевая ячейка; b, c, участки от середины нити накала. На с между живыми клетками показана мертвая клетка; В - *Oscillatoria froelichii*, bc гранулами вдоль перегородок.

354. ОТРЯД ГОРМОНАЛЬНЫЕ (HORMOGONEÆ).—Растения нитевидные, простоклеточные или с ложным или истинным разветвлением, обычно многоклеточные (спирулина одноклеточная). Размножение происходит через *гормогоны*, короткие участки нитей освобождаются; также через покоящиеся клетки. Упомянуты две из шести семей.

355. Семейство Осцилляторные.—Это семейство представлено родом *Oscillatoria* и несколькими другими распространенными родами. *Oscillatoria* содержит множество видов. Их можно найти на влажной земле или дереве, а также плавающими в воде циновками. Они часто образуются на почве на дне бассейна, и когда газ запутывается в коврике нитей, он поднимается со дна и всплывает на поверхность воды. Растение нитевидное и разделено на множество коротких ячеек. Нити часто имеют колебательное движение, отсюда и название *Осциллятория*.

356. Семейство Ностоковые.—Это семейство представлено ностоком, который образует округлые, слизистые, сине-зеленые массы на влажных камнях. Отдельные растения в слизистом шаре напоминают нитки бусин, каждая ячейка округлая, и несколько из них расположены цепочками, как показано на [рис. 170](#). Кое-где в цепочке часто обнаруживаются более крупные клетки (гетероцисты). *Nostoc punctiforme* обитает в межклеточных пространствах корней саговников (часто встречается в теплицах) и в стеблях гуннеры. *N. sphaericum* обитает в пространствах между клетками у многих видов печеночников (у родов *Anthoceros*, *Blasia*, *Pellia*, *Aneura*, *Riccia* и др.), а также в перфорированных клетках *Sphagnum acutifolium*. *Anabaena* - еще один распространенный род. Виды встречаются в пресной или соленой воде поодиночке или слизистыми массами. *Anabaena azollae* эндофитно обитает в листьях водяного папоротника азоллы.

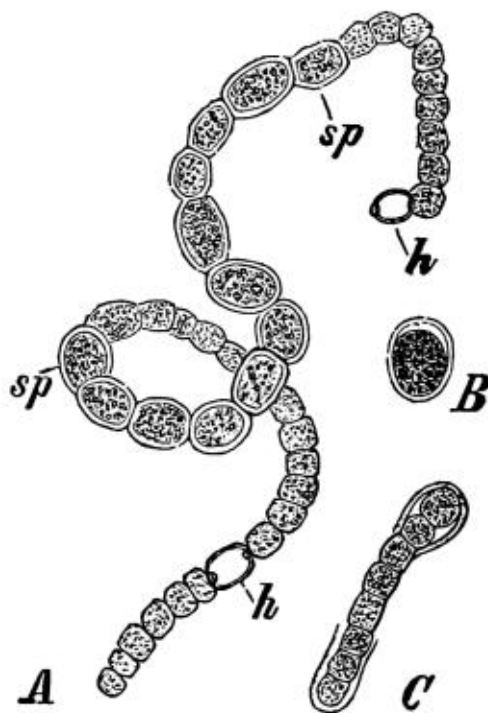


Рис. 170.

Носток линки. *A*, филамент с двумя гетероцистами (*h*) и большим количеством спор (*sp*); *B*, изолированная спора, начинающая прорастать; *C*, молодая филамент, развившаяся из споры. (В честь Борнета.)

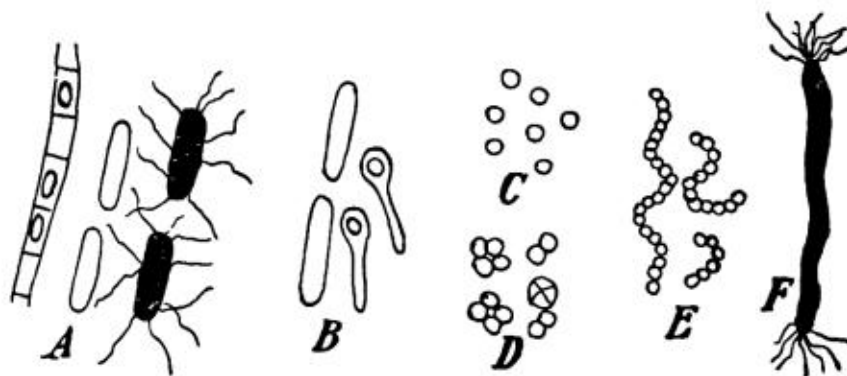


Рис. 171.

Бактерии. *A*, *Bacillus subtilis*. Споры в нитях, неокрашенных стержнях и окрашенных стержнях с ресничками; *B*, *Bacillus tetani*, бацилла столбняка, обнаруженная в садовой почве и на старых ржавых гвоздях. Споры на булавовидных концах. *C*, Микрококк; *D*, Сарцина; *E*, стрептококк; *F*, Спирилла. (В честь Мигулы.)

Класс шизомицетов.

357. Бактериалы.—Бактерии иногда классифицируются вместе с цианофициями под названием *Schizophyta* и представляют собой подразделение *Schizomycetes*, или грибов деления, потому что многие из них размножаются делением клеток точно так же, как это делают сине-зеленые водоросли. Например, бацилла образует стержни, которые увеличиваются в длину и делятся на два стержня, или она может вырасти в длинную нить из множества коротких стержней. Микрококк состоит из одиночных округлых клеток. *Streptococcus* образует цепочки округлых клеток, *Sarcina* образует неправильные кубики округлых клеток, в то время как другие, такие как *Spirillum*, имеют спиральную форму. *Bacillus subtilis* можно получить, приготовив настой из сена и дав ему настояться в течение нескольких дней. Столбнячная палочка встречается в почве, на старых ржавых гвоздях и т.д. Его называют столбнячной палочкой, потому что он вызывает постоянный спазм определенных мышц, как при “запирании челюсти”. Эта палочка разрастается и вызывает такой результат в мышцах, когда возникает при глубоких и закрытых ранах, таких как наступление на старый гвоздь или другой предмет, который глубоко вонзается в плоть. В такой глубокой ране не хватает кислорода, и в этом состоянии бацилла становится вирулентной. Вскрытие ран для поступления кислорода и промывание их раствором двуххлористой ртути предотвращает развитие столбняка. Многие бактерии играют огромную роль в том, чтобы вызвать разложение мертвых веществ животных и растений, возвращая их в состояние, пригодное для растительной пищи. (См. также нитратные и нитритные бактерии, [глава IX](#).) Хотя большинство бактерий безвредны, многие из них вызывают очень серьезные заболевания человека и животных, такие как брюшной тиф, дифтерия, туберкулез и т.д., В то время как некоторые другие вызывают заболевания растений. Другие способствуют определенному брожению жидкостей и используются для приготовления определенных видов вин или других напитков. Некоторые работают в симбиозе с дрожжами, как, например, дрожжи кефир, используемые уроженцами некоторых стран для брожения некоторых сырых напитков.

357a. Миксобактерии (*Myxobacteriaceae Thaxter*¹⁸⁹).—Эти растения состоят из колоний бактериоподобных организмов, подвижных палочек, которые размножаются

перекрестным делением и выделяют студенистое вещество или матрикс, который окружает колонии. Они образуют плазмодиеподобные массы, которые внешне напоминают слизевики. На стадии плодоношения некоторые виды поднимаются из субстрата в цилиндрические, булабовидные или разветвленные формы, которые несут цисты различной формы, содержащие стержни в стадии покоя, или стержни превращаются в спороподобные массы. Например, *Chondromyces crocatus* на гниющих частях растений, *Mухобacter aureus* на влажной древесине и коре, *Мухосoccus rubescens* на навозе, гниющих лишайниках, бумаге и т.д.

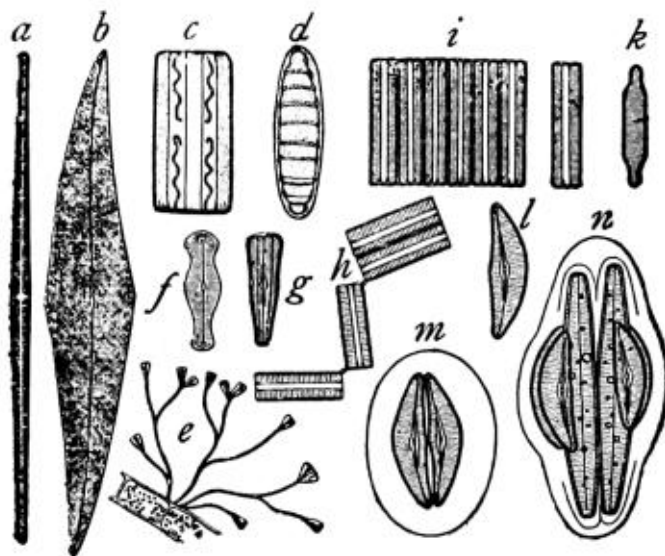
Класс Жгутиковые.

358. Жгутиконосцы - организмы очень низкой организации, напоминающие животных в той же степени, что и растения. Они одноклеточные и обладают двумя ресничками или жгутиками, за счет вибрации которых они перемещаются. У некоторых нет клеточной стенки, в то время как у других есть четко очерченная мембрана, но она редко состоит из целлюлозы. У некоторых из них есть хроматофоры, и они способны производить углеводы, как обычные зеленые растения. У эвглены они зеленые, а у гидруруса - коричневые. Некоторые обладают отверстием, похожим на рот, и способны заглатывать твердые частицы пищи (больше похожи на животных), в то время как другие не имеют такого отверстия и поглощают пищевые вещества, растворенные в воде (больше похожи на растения). Эвглена виридис не является редкостью в стоячей воде, часто образуя на воде зеленоватую пленку.

Класс перидиновых.

358а. Это своеобразные одноклеточные организмы, снабженные двумя жгутиками и обнаруживающие некоторое родство со жгутиконосцами. Обычно они снабжены целлюлозной мембраной, которая у некоторых форм состоит из пластинок причудливой формы. У высших форм эта целлюлозная мембрана состоит из двух клапанов, прилегающих друг к другу таким образом, что они напоминают некоторые диатомовые водоросли. Подобно жгутиковым, у некоторых есть зеленые хроматофоры, которые у некоторых затемнены желтым или коричневым пигментом (напоминающим диатомовые водоросли), в то время как у других нет хлорофилла. Перидины в изобилии водятся в море, в то время как некоторые встречаются в пресной воде.

Класс Диатомафицевые (Bacillariales, Diatomaceae).



Группа диатомовых водорослей: *c* и *d*, вид сверху и сбоку одной и той же формы; *e*, колония стебельчатых форм, прикрепленных к водоросли; *f* и *g*, вид сверху и сбоку формы, показанный на *e*; *h*, колония; *i*, колония, вид сверху и сбоку, показанный на *k* и *n*, образующая ауксоспоры. (В честь Кернера.)

358б. Диатомовые водоросли - крошечные и своеобразные организмы, которые, как полагают, являются водорослями. Они обитают в пресной, солоноватой и соленой воде. Они часто покрывают поверхность камней, палок или почвы тонкими пластами. Они встречаются поодиночке и свободно, или несколько особей могут быть соединены в длинные нити, или другие виды могут прикрепляться к объектам тонкими студенистыми стеблями. Каждый протопласт заключен в кремнистый каркас в виде коробочки с двумя половинками, часто по форме напоминающей старомодную коробочку для таблеток, одна половинка надевается на другую, как крышка коробки. Очевидно, что в этом состоянии растение не может сильно увеличиться в размерах.

Они размножаются делением. Это происходит в продольном направлении, то есть в направлении двух половин или *клапанов* коробки. Затем каждое новое растение имеет клапан только с одной стороны. Новый клапан теперь формируется поверх обнаженной половины и помещается внутри старого клапана. Таким образом, при каждом делении особи становятся все меньше и меньше, пока не достигнут определенной точки, когда створки отбрасываются и клетка образует *ауксоспору*, то есть она растет самостоятельно или после конъюгации с другой, снова достигая полного размера, и в конечном итоге снабжает себя новыми створками. Клапаны часто помечены многочисленными тонкими линиями, часто образующими красивые фигуры, и некоторые из них используются в качестве тест-объектов для микроскопов.

Свободные формы способны двигаться. Движение клапанов происходит в продольном направлении. Некоторое время они скользят в одном направлении, а затем останавливаются и снова движутся назад. Установить их в пресной воде и наблюдать за этим движением несложно.

У диатомовых водорослей есть маленькие пластинки хлорофилла, но зеленый цвет маскируется коричневатым пигментом, называемым диатомином. Происхождение диатомовых водорослей неясно, но некоторые из-за цвета считают, что они связаны с *Phaeophyceae*.

Класс *Phaeophyceae*.

359. Бурая водоросль. (*Phaeophyceae*). Представители этого класса обладают хлорофиллом, но он затемнен коричневым пигментом. Растения доступны на морском побережье, и для внутренних лабораторий их можно хранить в формалине (2½%). (См. также главу LVI.)



Рис. 172.

А, *Ectocarpus siliculosus*; В, ветвь с молодым и зрелым многоклеточным спорангием; Е, гаметы, сливающиеся с образованием зигоспоры (В, после Туре; Е, после Бертольда.)

360. Эктокарпус.—Род *Ectocarpus* хорошо представляет некоторые из более простых форм бурых водорослей ([рис. 172](#)). Это тонкие нитевидные разветвленные водоросли, растущие пучками, эпифитные либо на других морских водорослях (часто на фукацеях), либо на камнях. Тонкие нити разделены только крест-накрест и, таким образом, состоят из длинного ряда коротких ячеек. Спорангии обычно многоочаговые (иногда одноочаговые) и обычно располагаются на месте боковых ветвей. Зооспоры выходят из верхушки спорангия и являются двустворчатыми, они сливаются, образуя зигоспоры.

361. Sphacelaria.—Виды этого рода представляют собой прогресс в развитии слоевища. Хотя они нитевидные и разветвленные, деление происходит как в продольном, так и в поперечном направлении ([рис. 173](#)).

362. Leathesia difformis представляет интересный вид, потому что тело растения маленькое, шаровидное, позже неправильной формы и полое, и состоит из коротких радиально расположенных ветвей, поверхностные из которых в виде коротких, скученных, но свободных, похожих на трихомы зеленых ветвей. Это трихоталлическое тело напоминает аналогичную форму *Chaetophora pisiformis* ([глава 16](#)) из семейства хлорофицивых.

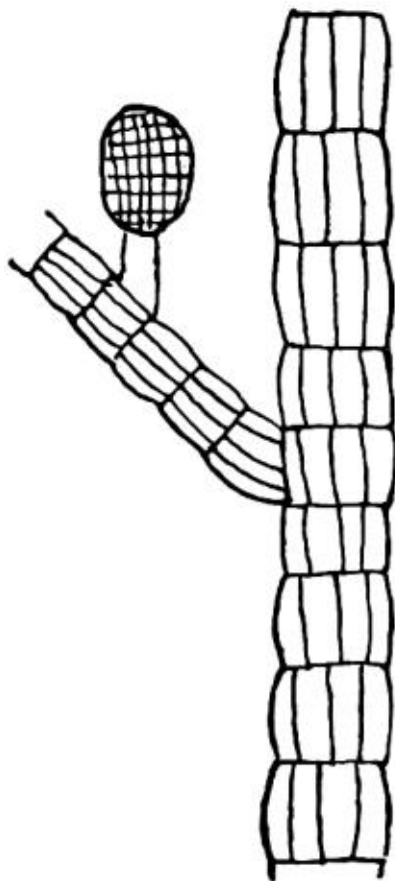
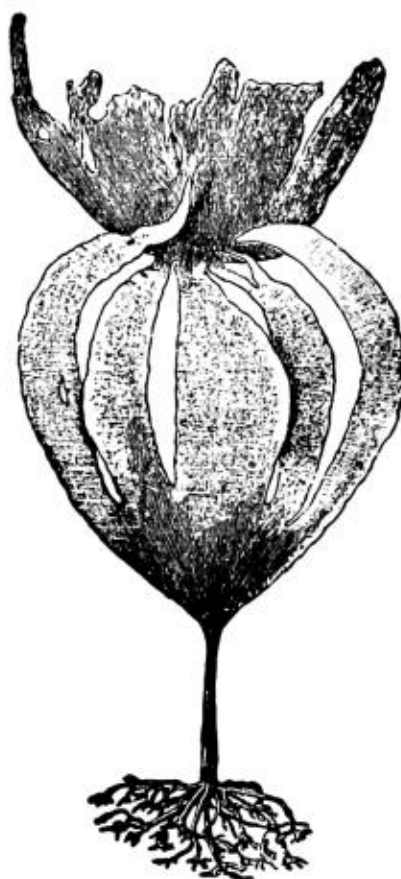


Рис. 173.

Сфацелария, часть растения, демонстрирующая продольное деление клеток, и выводковая почка (многослойный спорангий).



363. Гигантские водоросли.—Среди бурых водорослей встречаются самые крупные экземпляры, некоторые из ламинарий, или гигантских водорослей, соперничающие по размеру с крупнейшими наземными растениями, и некоторые из них обладают высокоразвитыми тканями. У *Postelsia palmæformis* длинный, крепкий стебель, от свободного конца которого отходят многочисленные крупные и удлинённые лопасти, в то время как стебель прикреплен к камням многочисленными "корневидными" выростами - опорами. Встречается вдоль северного побережья Тихого океана и, кажется, процветает там, где подвергается ударам прибоя, бьющегося о берег. Несколько видов ламинарии встречаются на нашем североатлантическом побережье. У *L. digitata* стебель расширяется на конце в широкую лопасть, которая разделяется на несколько более мелких лопастей (рис. 174). *Macrocystis pyrifera* обитает в океане в южном полушарии, иногда встречается вдоль побережья Северной Америки. Говорят, что он достигает в длину 200-300 метров.

364. Фукус, или Камышевка.—Это растение представляет собой более или менее разветвленный и уплощенный слоевище, или "ветку". Один из них, показанный на рис. 119, имеет размеры 15-30 см (6-12 дюймов) в длину. Он прикреплен к скалам, которые более или менее обнажаются во время отлива. От основания растения развиваются несколько коротких и более или менее разветвленных отростков, называемых "опорами", которые, как следует из их названия, являются органами прикрепления. У некоторых видов (*F. vesiculosus*) в слоевище имеются везикулярные вздутия.

Плодоносящие части несколько утолщены, как показано на рисунке. Внутри этих участков находятся многочисленные овальные полости, открывающиеся круглой порой, что придает этим плодовым подушечкам точечный вид. Через них часто выступают пучки волосков.



Рис. 175.

Часть растения фукуса с зачатками на увеличенных концах; и под пузырьками (*Fucus vesiculosus*).

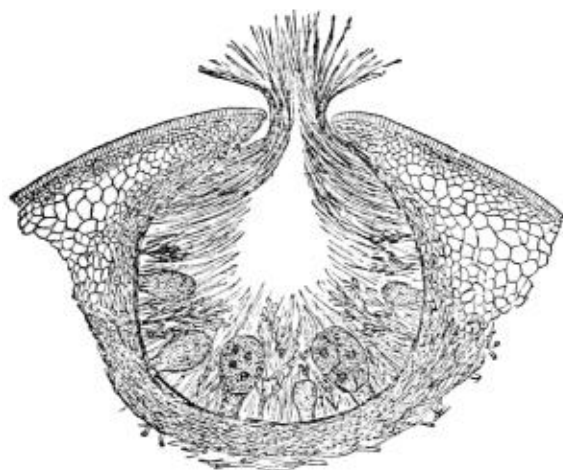


Рис. 176.

Разрез плодоножки фукуса, показывающий оогонии и пучки антеридий.

365. Структура концепций.—При срезании плодоносящих частей обнаруживаются стенки полостей, покрытые наростами. Некоторые из них представляют собой короткие ветви, которые несут большой округлый концевой мешочек, оогоний, в зрелом возрасте содержащий восемь яйцеклеток. Более тонкие и сильно разветвленные нити несут узкоовальные антеридии. В них развивается несколько сперматозоидов с двумя реснитками.

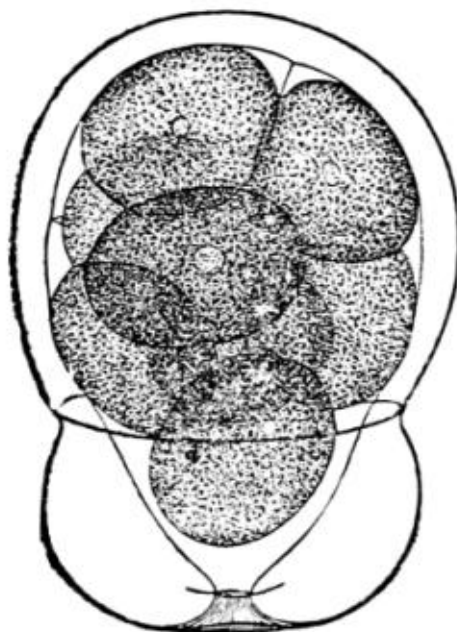


Рис. 177.

Оогоний фукуса со зрелыми яйцеклетками.

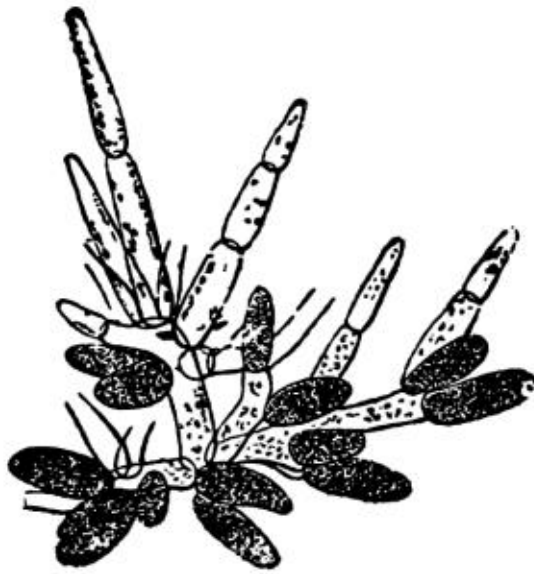


Рис. 178.

Антеридии фукуса на разветвленных нитях.

366. Оплодотворение.—При созревании сперматозоиды и яйцеклетки всплывают за пределы овальных полостей, где происходит оплодотворение. Сперматозоид погружается в протоплазму яйцеклетки, пробивается к ядру яйцеклетки и сливается с ним, как показано на [рис. 181](#). Затем оплодотворенная яйцеклетка превращается в новое растение. Почти все бурые водоросли морские.

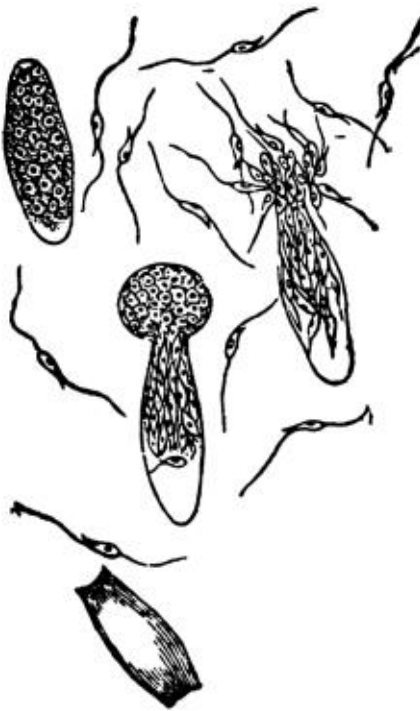


Рис. 179.

Антеридии фукуса с вытекающими сперматозоидами.

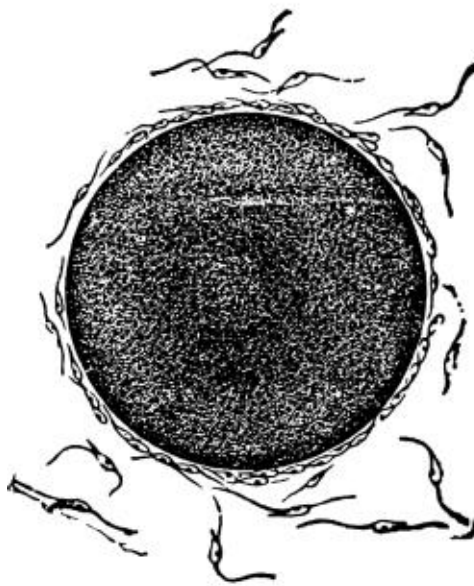


Рис. 180.

Яйцеклетки фукуса, окруженные сперматозоидами.

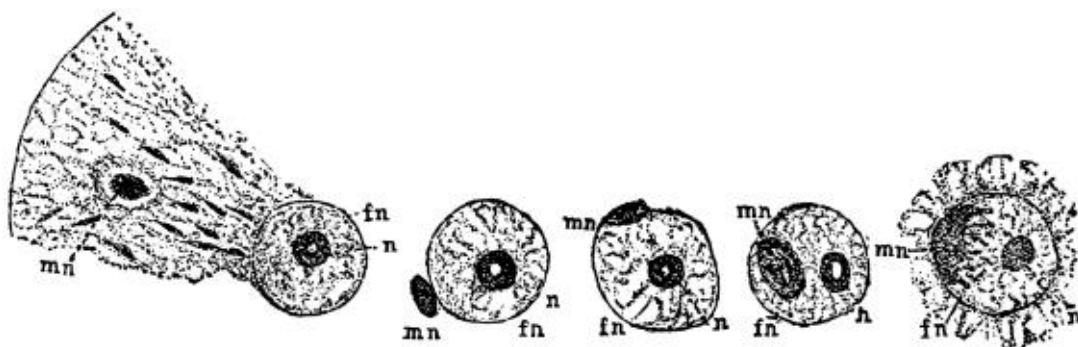


Рис. 181.

Оплодотворение у фукуса; *fn*, женское ядро; *mn*, мужское ядро; *n*, ядрышко. На левом рисунке показано мужское ядро, движущееся вниз по цитоплазме яйцеклетки; на остальных рисунках цитоплазма яйцеклетки опущена. (После Страсбургера.)

367. Водоросль Персидского залива (*Sargassum bacciferum*) в более теплом Атлантическом океане объединяется в большие массы, которые плавают по воде, отсюда и название “Саргассово море”. Саргассум растет на побережье, где прикрепляется к скалам, но удары волн отрывают многие экземпляры, и они vyplывают в более спокойные воды, где продолжают расти и размножаться вегетативно.

368. Использование.—Ламинария японская и *L. angustata* используются в пищу китайцами и японцами. Некоторые виды Laminariaceae используются в качестве корма для крупного рогатого скота, а также в качестве удобрений, в то время как *L. digitata* иногда используется в хирургии.

Классификация.—Кьеллман делит Rhæophyceae на два отряда.

369. Отряд Phæosporales (Феоспоровые), включающий 18 семейств. Одним из наиболее заметных семейств являются ламинариевые, включая, среди прочего, упомянутые выше гигантские водоросли (*Laminaria*, *Postelsia*, *Macrocystis* и др.).

370. Отряд Циклоспоровые (Cyclosporeae).— Сюда входит одно семейство, *Фуковые* с эктокарпусами, сфацеляриями, лейтезиями, фукусами, саргассами и т.д.

Класс Rhodophyceae.

371. Красная водоросль (Rhodophyceae).—Большее количество так называемых красных водорослей встречается в соленой воде, хотя несколько родов встречаются и в пресной. Растения содержат хлорофилл, но обычно он затемнен красноватым или фиолетовым пигментом.

372. Немалион.— Это одна из низших морских форм, хотя ее слоевище не относится к числу простейших по строению. Тело растения состоит из тонкого цилиндрического ветвистого побега, иногда очень сильно разветвленного. Центральная жилка довольно прочная, в то время как кора состоит из довольно рыхлых нитей.

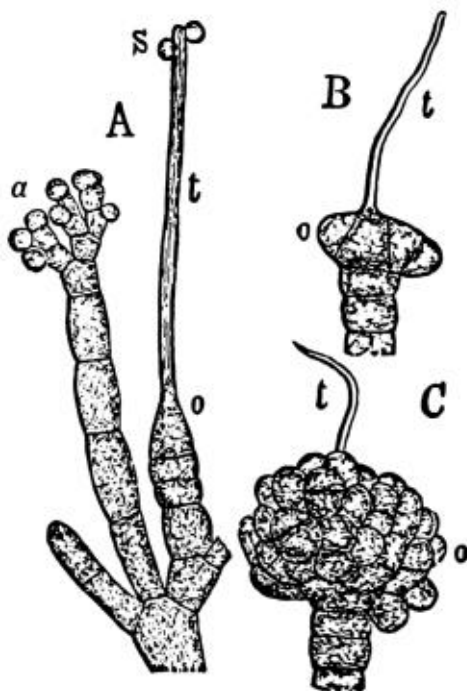


Рис. 182.

Красная водоросль (*Nemalion*). А, половые ветви, показывающие антеридии (*a*); карпогоний или прокарий (*o*) с его трихогинией (*t*), к которой прикреплены два сперматозоида (*s*); В, начало цистокарпия (*o*), трихогиния (*t*) все еще видна; С, почти зрелый цистокарпий (*o*), с дезорганизующая трихогиния (*t*). (После Вайнов.)

373. Батрахоспермум.—Этот род встречается в пресной воде, а сами виды встречаются в медленно текущей воде неглубоких ручьев или канав. Имеется центральная тонкая ветвь, которая более или менее разветвлена, и на этих ветвях расположены завитки плотно расположенных тонких ветвей, расположенных через равные промежутки времени. Растения обычно очень скользкие. Гонидии образуются на концах некоторых из этих ветвей в виде шаровидных спорангий, называемых моноспорангиями, поскольку в каждой из них развивается только одна спора или гонидий. Другие ветви часто заканчиваются длинными тонкими гиалиновыми щетинками.

374. Lemanea.—Этот род также встречается в пресной воде. Этот вид развивается только в холодные зимние месяцы на порогах ручьев или там, где вода из водопадов ударяется о камни и тщательно аэрируется. Они образуют пучки зеленоватых нитей, цилиндрических или хлыстообразных, которые летом обычно сильно ломаются. Нити полые и имеют твердую кору. Это половые побеги, и они возникают в виде ветвей из стерильной нитевидной разветвленной формы, похожей на чантрансию.

375. Оплодотворение нижних красных водорослей. Половые органы у красных водорослей состоят из антеридий и карпогоний. Антеридии обычно располагаются скученными скоплениями или на поверхности и окончательно вынашивают маленькие неподвижные сперматозоиды. Карпогоний представляет собой ветвь одной или нескольких клеток, концевая клетка (прокарпий) переходит в длинный тонкий отросток - трихогину. Сперматозоид вступает в контакт с трихогином, и в случае немалиона и некоторых других было обнаружено, что ядро проходит внутрь и сливается с ядром прокарпия.

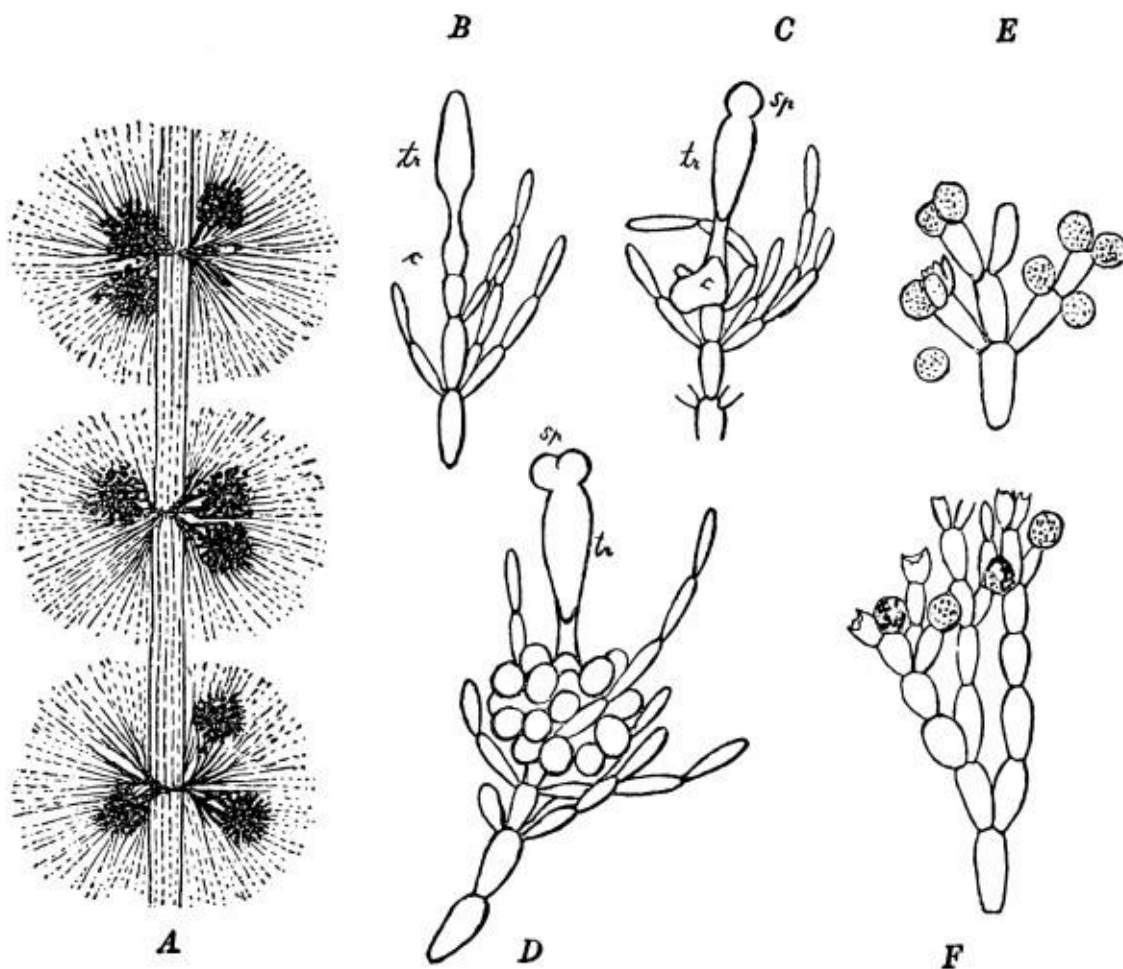


Рис. 183.

A, часть побега, на которой видны завитки ветвей с гроздьями карпоспор. B, карпогонозная ветвь или прокарпий. C, прокарпийная клетка; tr, трихогина. D, то же самое со сперматозоидом (sp), соединяющимся с трихогином. E, мужская ветвь с одноклеточными антеридиями. F, то же самое с некоторыми пустыми антеридиями. (Вслед за Шмитцем.)

С этого момента у низших красных водорослей, таких как *Nemalion*, *Batrachospermum* и *Lemanea*, образование спор происходит очень просто. Прокарпий стимулируется к росту и распускается в разных направлениях, образуя разветвленные цепочки спор (карпоспоры).

Карпоспоры образуют довольно компактное скопление, называемое спорокарпом, что означает спороплод или спороплодовое тело. У *Batrachospermum* он виден в виде компактного пучка в рыхлом разветвлении, у *Nemalion* он лежит на поверхности коры, в то время как у *Lemanea* спорокарпии располагаются в разных положениях в полый трубке полового побега.

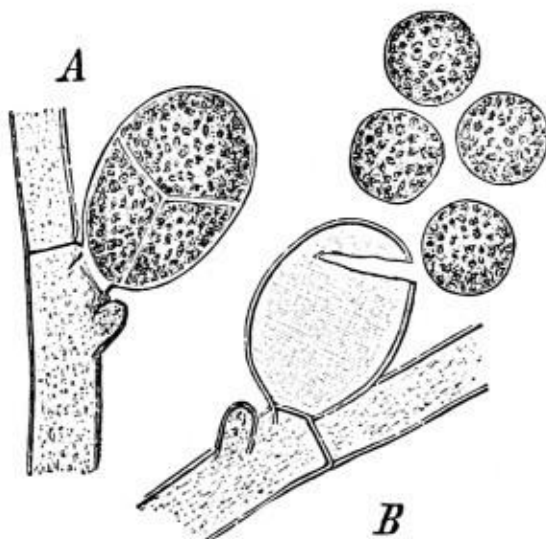


Рис. 184.

Красная водоросль (*Callithamnion*), на которой видны спорангий *A* и выделяющиеся тетраспоры *B*. (После Турета.)

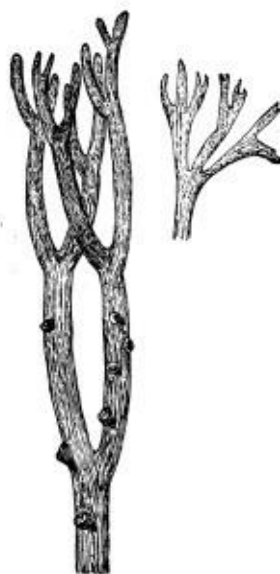


Рис. 185.

Грацилярия, часть листочка, показывающая положение цистокарпий.

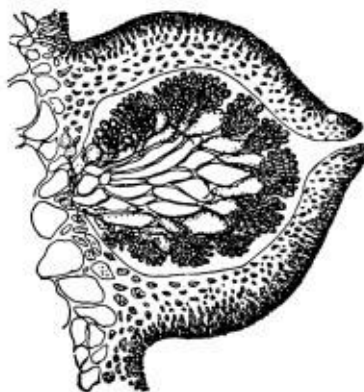


Рис. 186.

Грацилярия, срез цистокарпия, на котором видны споры.

376. Гонидии в красных водорослях.—Распространенный тип гонидия у красных водорослей обнаружен в *тетраспорах*. Единственная материнская клетка делится на четыре клетки, расположенные обычно в виде тетрад внутри *тетраспорангия*. У *каллитамниона* обнажен тетраспорангий. У полисифонии, рабдонии, грацилярии и др. он встроен в кору головного мозга. У *Batrachospermum* есть моноспорангии, каждый моноспорангий содержит один гонидий, в то время как у *Lemanea*, а по некоторым данным также и у *Nemalion*, гонидии отсутствуют.

377. Грацилярия.—Грацилярия - одна из морских форм, и один из видов показан на [рис. 185](#). Он достигает 15-20 см в длину или более и обильно разветвляется в виде пальмы. Части слоевища более или менее уплощены. Плод представляет собой кистеплодник, характерный для Rhodophyceae (Floridea). У грацилярий эти плодовые тела расположены рассеянно по слоевищу. Они имеют форму колбы, частично утоплены в слоевище, а конический конец сильно выступает над поверхностью. Карпоспоры сгруппированы в виде расходящихся нитей внутри овальной полости цистокарпия. Эти цистокарпии развиваются в результате оплодотворения. Другие растения несут гонидии группами по четыре, так называемые *тетраспоры*.

378. Рабдония.—Это растение примерно того же размера, что и грацилярия, хотя у него больше нитевидных ответвлений. Цистокарпии образуют заметные возвышения, в то время как карпоспоры располагаются отдельными группами по периферии стерильной ткани внутри полости. (См. фиг. [187](#), [188](#).) Гонидии в виде тетраспор также развиты у рабдонии.



Рис. 187.

Рабдония, разветвленная часть листа с цистокарпиями.

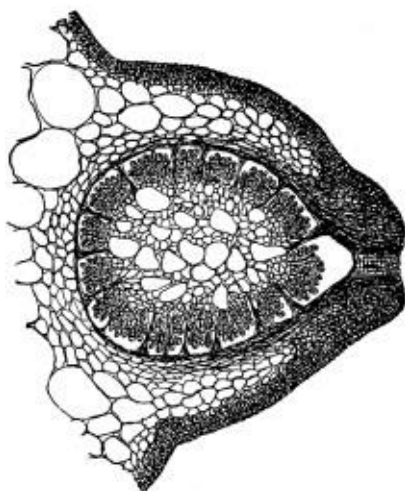


Рис. 188.

Срез цистокарпия рабдонии, на котором видны споры.

379. Оплодотворение высших красных водорослей. Процесс оплодотворения у большинства красных водорослей очень сложен, главным образом потому, что оплодотворенная яйцеклетка (прокарпий) не развивает споры напрямую, как у *Nemalion*, *Lemanea* и др., А срастается непосредственно или посредством короткой клетки или длинной нити с одной или несколькими вспомогательными клетками, прежде чем окончательно сформируется спорокарпий. Примерами могут служить рабдония, Полисифония, Каллитамнион, Дудресная и др. ([рис. 189](#)). Затем из вспомогательной клетки развивается спорокарпий. Смотрите рис. 189 для конъюгации нити из оплодотворенного прокарпия со вспомогательной клеткой.

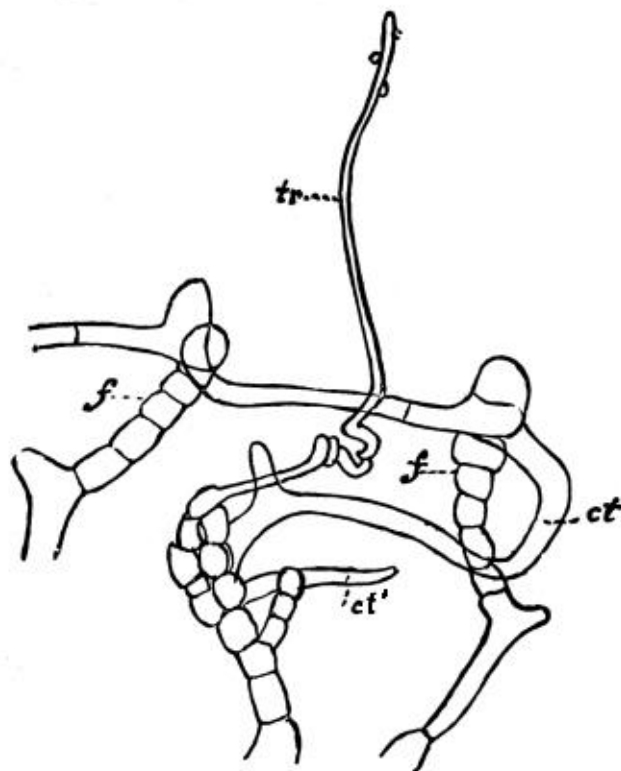


Рис. 189.

Дудресная пурпурифера. *tr*, трихогина, с прикрепленными сперматозоидами; *ct*, соединительная трубка, которая растет из-под основания трихогины и соприкасается с плодородными ветвями *f, f*; *ct'*, молодая соединительная трубка. (После Тюре и Борне.)

380. Использование красных водорослей.—Многие виды производят в своих тканях большое количество студенистого вещества, и некоторые из них используются в пищу, для производства желатинов и агар-агара. Некоторые из них - *Gracilaria lichenoides* и *wrightii*, первые виды, встречающиеся вдоль побережья Индии и Китая. Растение легко превращается в студенистое вещество (агар-агар). Хондрус криспус, широко распространенный в северной Атлантике, известен как “ирландский” мох и используется в пищу и в некоторых лекарственных целях. Гигантская мамиллоза в Атлантическом и Северном Ледовитом океанах используется аналогичным образом. В красных водорослях распознаются следующие отряды:

381. Порядок Bangiales.—Например, *Bangia atropurpurea* (= *Conferva atropurpurea*) в родниках и ручьях Северной Америки и Европы. *Porphyra* содержит ряд видов, образующих в море широкие, тонкие, похожие на листья фиолетовые листья.

382. Отряд Nemalionales.—Включая *Lemanea*, *Batrachospermum*, *Nemalion*, описанные выше, и многие другие.

383. Отряд гигантских рыб.—В таком порядке встречается обыкновенный исландский мох (*Chondrus crispus*) в море, а также упомянутые выше рабдония и гигантина.

384. Отряд Rhodomeniales.—В этом порядке встречаются упомянутые выше грацилории и полисифонии, а также красивые морские формы, такие как *Ceramium*.

385. Отряд Cryptonemiales.—Примерами являются Дудресная, Мелобезия, Кораллина и др., последние два рода включают множество видов с широким распространением.

**Класс Charophyceae,
порядок Charales.**

386. Некоторые считают, что чаралы представляют собой особый класс водорослей, стоящих рядом со мхами, возможно, из-за двустворчатого характера сперматозоидов. Существует одно семейство, Characeae. Растения произрастают в пресной и солоноватой воде. Помимо особенностей репродуктивных органов, они примечательны большим размером клеток междоузлий и “листьев”, а протоплазма в значительной степени проявляет феномен “циклоза” ([см. параграфы 17-20](#)). Три рода обитают в Северной Америке (Chara, Nitella ([рис. 8](#)) и Tolypella).

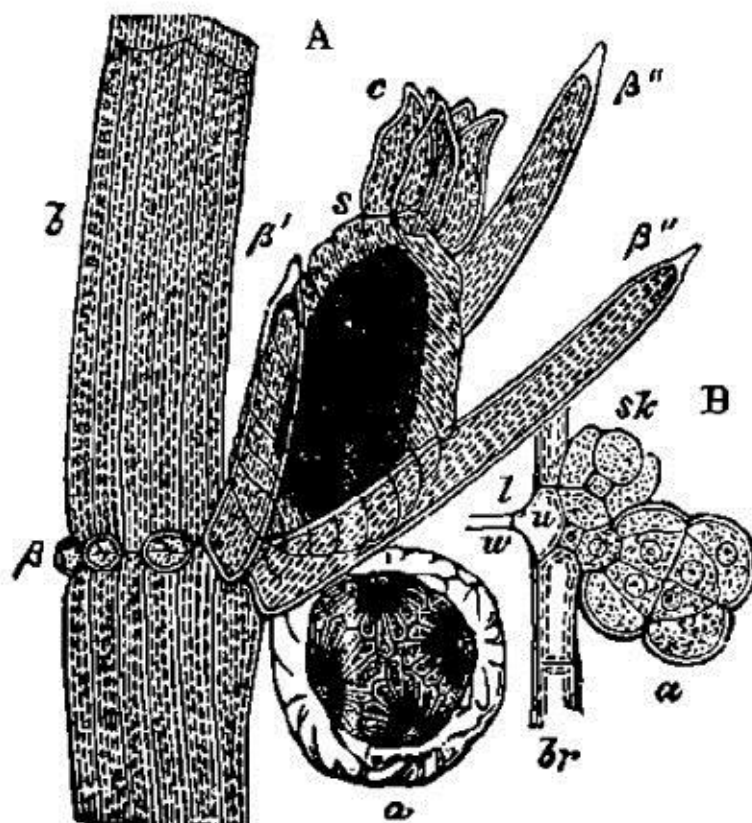


Рис. 172а.

Репродуктивные органы *চার্য хрупкой*. А, центральная часть листа, *b*, с антеридием, *a* и карпогонием, *s*, окруженная спирально закрученными обволакивающими клетками; *c*, корона из пяти клеток на вершине; β , стерильные боковые листочки; β' , большая боковая створка возле плода; β'' , брактеолы, отходящие от базального узла репродуктивных органов. В, молодой антеридий, *a*, и молодой карпогоний, *sk*; *w*, узловая клетка листа; *u*, промежуточная клетка между *w* и клеткой базального узла антеридия; *l*, полость междоузлия листа; *br*, кортикальные клетки листа. А $\times$ около 33; В $\times$ 240. (После Сакс.)

386а. Сложная структура половых органов демонстрирует более высокий уровень организации, чем у любых других известных живых водорослей. В то время как междоузлия у *Nitella* состоят из одной толстой клетки, в несколько раз превышающей фут в длину, узлы у всех состоят из группы клеток меньшего размера. Из боковых клеток этой группы в мутовках возникают боковые оси (иногда называемые листьями).

У *Nitella* междоузлия голые, но у большинства видов *Chara* они *кортфицированы*, т.е. покрыты слоем многочисленных удлиненных клеток, которые растут вниз от узлов у основания завитки боковых побегов.

386b. Половые органы расположены в узлах мутовчатых боковых побегов и состоят из антеридий и карпогоний. Большинство растений однолетние, и как антеридия, так и карпогония часто прикрепляются к одному и тому же узлу, причем антеридий выступает вниз, в то время как карпогоний более или менее поднимается вверх. Половые органы видны невооруженным глазом. Антеридий представляет собой шаровидное красное тело чрезвычайно сложной структуры. Сперматозоиды образуются в виде нескольких очень длинных свернутых тонких нитей, которые разделены поперечно на многочисленные клетки. Карпогоний имеет овальные или эллиптические очертания, стенка которого состоит из нескольких плотно свернутых спиральных нитей, окружающих крупное яйцо.

ГЛАВА XIX. ГРИБЫ: СЛИЗЬ И САПРОЛЕГНИЯ.

Мукор.

387. В главе о росте и при нашем изучении протоплазмы мы познакомились с вегетативным состоянием мукора. Теперь мы хотим узнать, как растение размножается и воспроизводит само себя. Для этого исследования мы можем взять один из мукоров. Подойдет любой из нескольких видов. Это растение может быть выращено путем помещения частично разложившихся плодов, лимонов или апельсинов, из которых была удалена большая часть сока, во влажную камеру; или часто это происходит на экскрементах животных при помещении в аналогичные условия. При выращивании мукора таким способом мы, вероятно, получим Мукор муцедо, или другое растение, иногда известное как Мукор столонифер, или *Rhizopus nigricans*, что проиллюстрировано на [рис. 191](#). Последнее иногда очень вредно для хранящихся фруктов или овощей, особенно для сладкого картофеля или брюквы. [Рис. 190](#) взят с фотографии этого гриба на банане.

388. Бесполое размножение.—На разлагающейся поверхности растительного материала, где растет мукор, будут видны многочисленные маленькие округлые тельца на очень тонких стеблях. Эти головки содержат гонидии, и если мы посеем некоторые из них в питательный желатин или агар в чашке Петри, материал можно будет очень легко извлечь для исследования под микроскопом. Или же мы можем поместить стеклянные пластинки рядом с растущим грибом во влажной камере, чтобы грибок развивался на них, хотя культуры в питательной среде гораздо лучше. Или же мы можем взять материал непосредственно из вещества, на котором он растет. После выращивания небольшого количества мицелия, содержащего эти головки, если мы будем осторожны и возьмем его там, где головки кажутся совсем молодыми, возможно, удастся изучить ранние стадии их развития. Вероятно, мы сразу заметим, что стебли или вертикальные нити, поддерживающие головки, более прочные, чем нити мицелия.

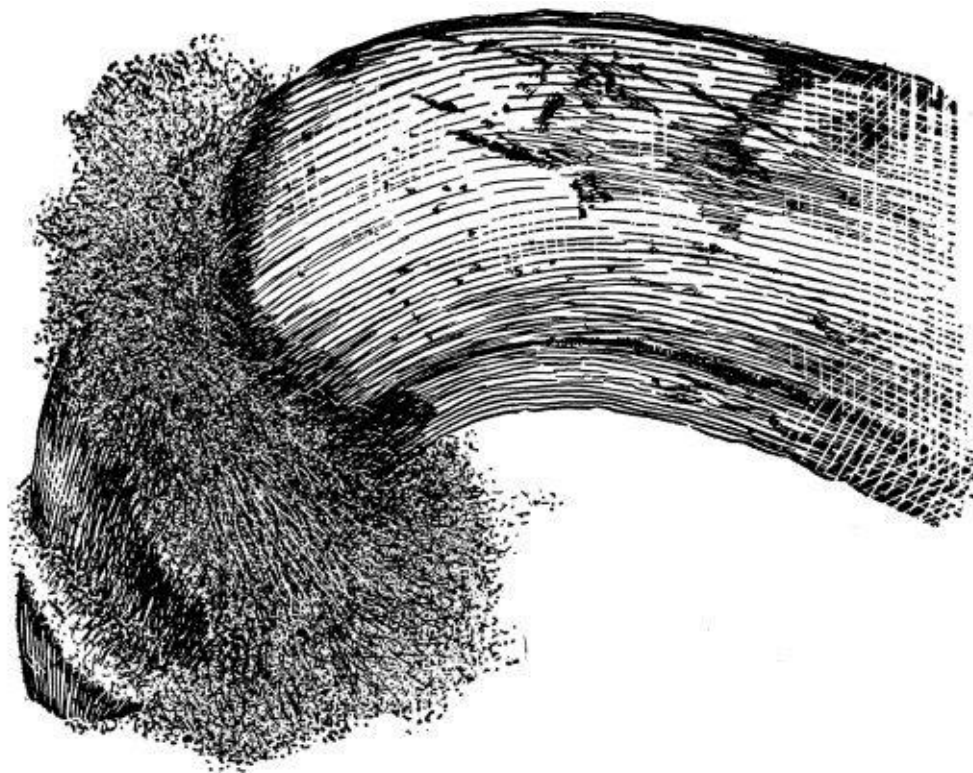


Рис. 190.

Часть банана с плесенью (*rhizopus nigricans*), растущей с одного конца.

Эти вертикальные нити вскоре образуют на конце поперечную стенку, которая отделяет протоплазму в конце от остальной. Теперь эта концевая клетка увеличивается в пузырек значительных размеров, представляющий собой головку, к которой применяется название *спорангий* (иногда называемый гонидангием), потому что он окружает *гонидии*.

В то же время, когда эта концевая ячейка увеличивается, поперечная стенка выгибается внутрь. Это образует *колумеллу*. Вся протоплазма в спорангии теперь делится на гонидии. Это тела небольшой округлости или овальной формы. Стенка спорангия растворяется, за исключением небольшой манжетки вокруг ножки, которая остается прикрепленной ниже колумеллы (рис. 192). Таким образом освобождаются гонидии. Эти гонидии прорастают и снова образуют мицелий.

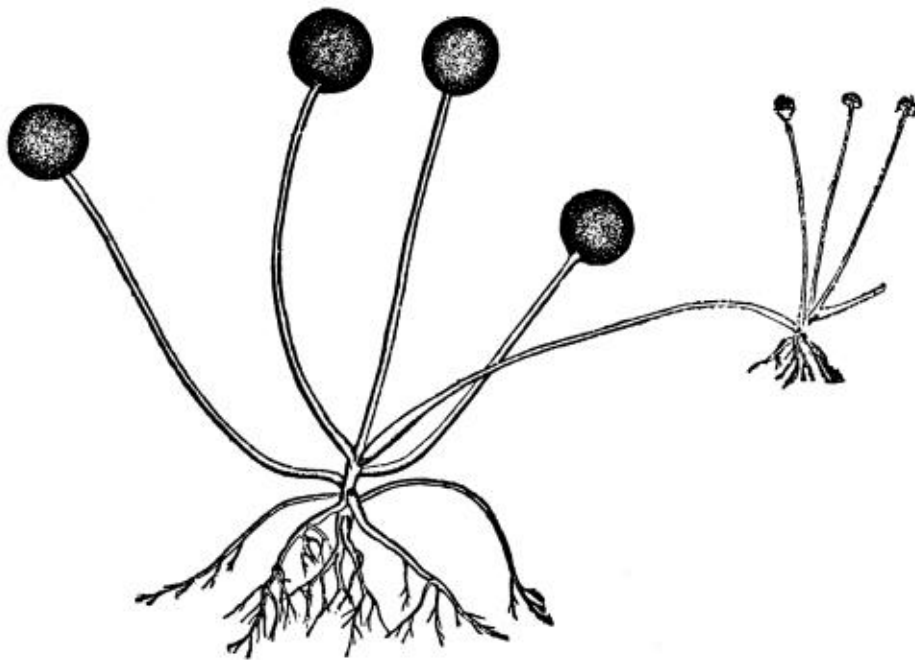


Рис. 191.

Группа спорангий мукора (*Rhizopus nigricans*), показывающих ризоиды и столон, отходящие от более древней группы.

389. Сексуальная стадия.—Эта стадия встречается не так часто, но иногда может быть получена при выращивании гриба на хлебе.

Конъюгация происходит таким образом. Две нити мицелия, расположенные рядом друг с другом, выпускают каждая по короткой ветви, имеющей булабовидную форму. Концы этих ветвей сходятся, и в каждой образуется перегородка, которая на конце отсекает часть протоплазмы от остальной части мицелия. Соединительные стенки ветвей теперь растворяются, и протоплазма каждой гаметы сливается в единую массу. Теперь вокруг этой массы образуется толстая стенка, а внешний слой становится грубым и коричневым. Это *зигота* или *зигоспора*. Мицелий отмирает и часто становится свободным, а подвесы, как называют стебли этих половых ветвей, все еще прикреплены. Эта зигоспора проходит через период покоя, когда при наступлении благоприятных условий роста она прорастает и обычно образует непосредственно спорангий с гонидиями. На этом завершается нормальный жизненный цикл растения.

390. Геммы.—Геммы, как их иногда называют, часто образуются на мицелии. На стороне нити мицелия образуется короткая ячейка с прочной стенкой. В других случаях большие участки нитей мицелия могут разделяться на цепочки клеток. Оба этих типа клеток способны расти и снова формировать мицелий. Иногда их называют *хламидоспорами*.

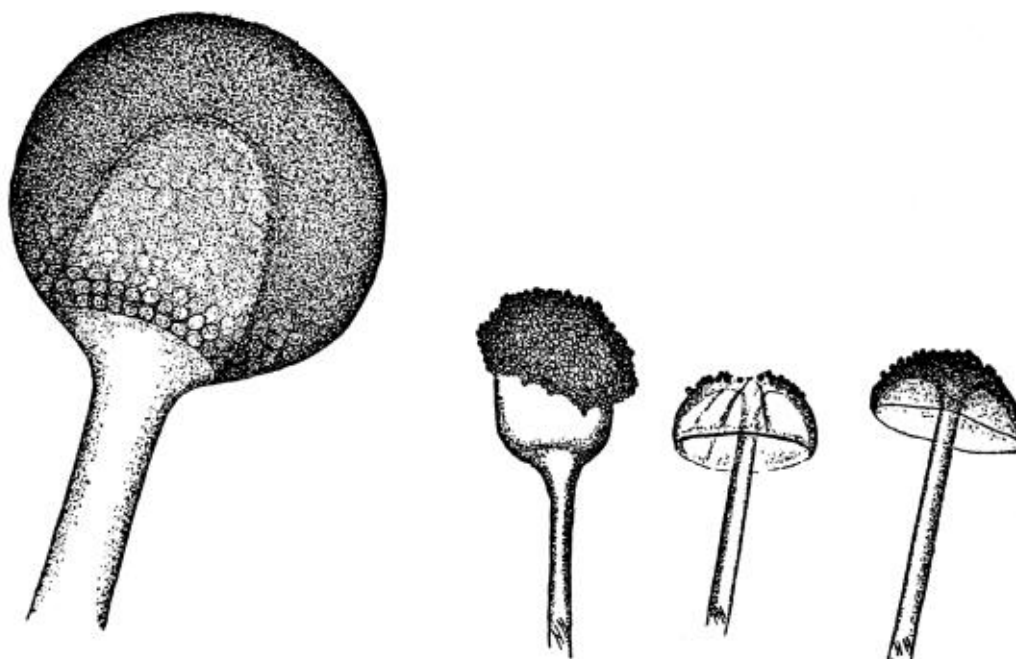


Рис. 194.

Слизь (*Rhizopus nigricans*); слева почти зрелый спорангий с колумеллой, виднеющейся внутри; посередине разорванный спорангий с частью гонидий, прилипших к колумелле; справа два разорванных спорангия с вывернутой колумеллой.

390a. Слизистые, в соответствии с их способом образования зигоспор, бывают двух видов: 1-й, *гомоталлический* (monocious), у которого все колонии талломов, развившиеся из разных спор, одинаковы, и обе гаметы могут развиваться из мицелия из одной споры, как у *Sporodinia grandis*, плесени, распространенной на старых грибах; 2-й, *гетероталлический* (dioecious), у которого некоторые растения мужского рода и маленькие по сравнению с, возможно, женскими. природа, которая крупнее или более энергична. При выращивании отдельно каждый из этих двух видов талломов, или колоний мицелия, дает свой собственный вид, но только спорангии. Однако, если эти два вида объединить, ветви одного конъюгируются с ветвями другого и образуются зигоспоры, как у *Rhizopus nigricans*, обычной хлебной или фруктовой плесени. Это одна из причин, почему мы редко обнаруживаем, что этот гриб образует зигоспоры. (См. Блейкли, Половое размножение у слизистых оболочек, Proc. Am. Acad. Искусство и наука., **40**, 205-319, стр. 1-4, 1904.)

Водяные плесени (Сапролегния).

391. Водяные плесневки - очень интересные растения для изучения, потому что их так легко добыть, и так легко наблюдать здесь тип гонидия, на который мы ссылались в наших исследованиях водорослей, подвижный гонидий, или зоогонидий. (Инструкции по выращиванию этой плесени приведены в приложении.)

392. Внешний вид сапролегнии.— В течение нескольких дней мы совершенно точно увидим в некоторых культурах тонкие беловатые нити, расходящиеся от тела мухи в воде. Несколько нитей следует осматривать изо дня в день, чтобы определить стадию грибка.

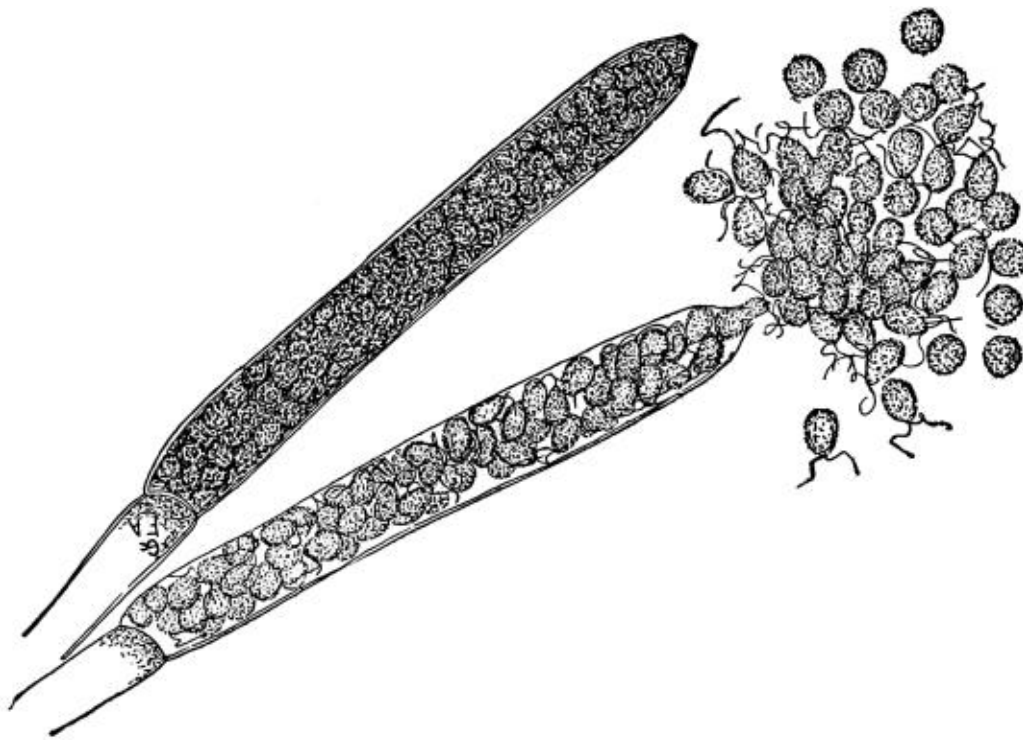


Рис. 195.

Спорангии сапролегнии, один из которых показывает побег зоогонидии.

393. Спорангии сапролегнии.—Спорангии сапролегнии легко обнаружить, потому что они намного прочнее обычных нитей мицелия. Некоторые нити следует поместить в пресную воду. Поищите некоторые из них, которые показывают, что протоплазма разделена на множество небольших участков, как показано на [рис. 195](#). При низкой мощности мы должны понаблюдать за некоторыми из появляющихся старых, и если через несколько минут они не откроются, следует провести другие приготовления.



Рис. 196.

Ветвь сапролегнии, демонстрирующая оогонии с ооспорами, яйцеклетки созревают партеногенетически.

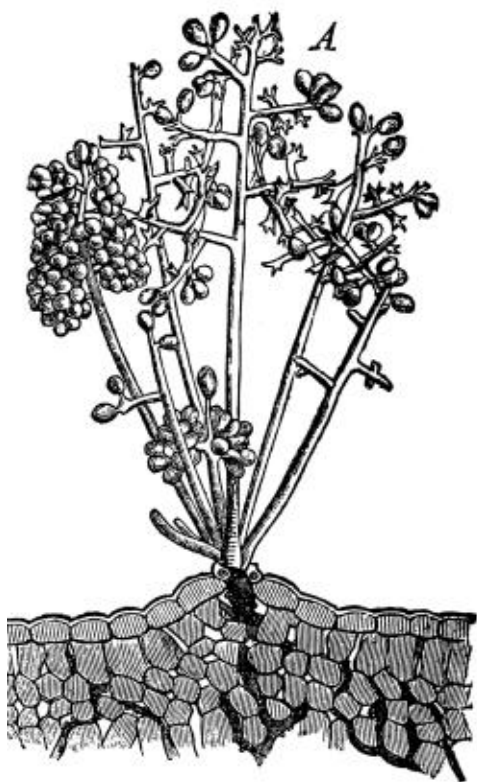


Рис. 197.

Ложная мучнистая роса винограда (*Plasmopora viticola*), проявляющаяся пучком гонидиеносцев, несущих гонидии, а также межклеточный мицелий. (В честь Мийярде.)



Рис. 198.

phytophthora infestans демонстрирует своеобразные ответвления; гонидии внизу.

394. Зоогонидии сапролегнии.—Спорангий раскрывается в конце, и зоогонидии выползают наружу и плавают вокруг в течение короткого времени, когда они останавливаются. При хорошем увеличении можно разглядеть две реснички на конце, или мы можем сделать их более отчетливыми, обработав раствором Шульца, нарисовав некоторые из них под покровным стеклом. Зоогонидий овальный, реснички расположены на заостренном конце. После некоторого покоя они часто выскальзывают из тонкой стенки и снова плавают, на этот раз с двумя ресничками сбоку, и тогда зоогонидий на этот раз приобретает более или менее бобовидную или почковидную форму.

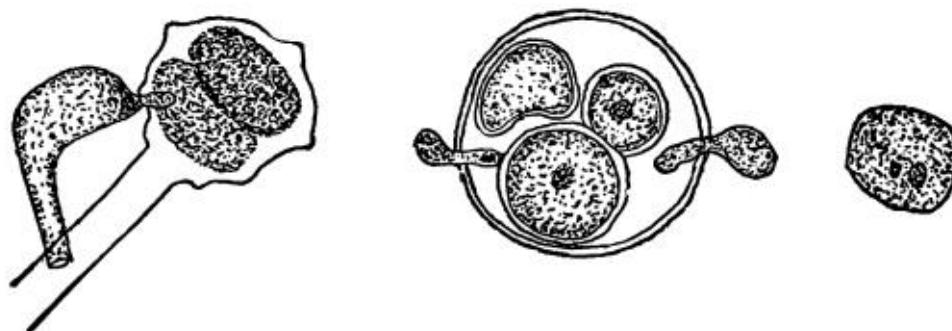


Рис. 199.

Оплодотворение в сапролегнии, трубке антеридия, несущей ядро сперматозоида к яйцеклетке. На рисунке справа меньшее ядро сперматозоида собирается слиться с ядром яйцеклетки. (Вслед за Хамфри и Троу.)

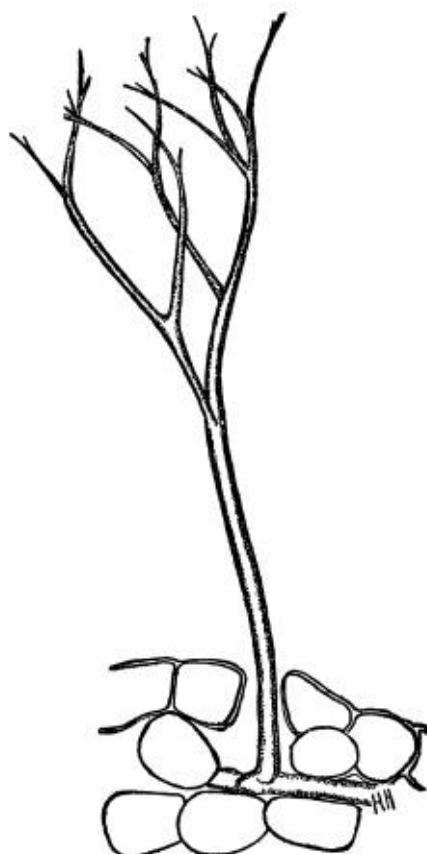


Рис. 200.

Ветвящиеся гифы *Peronospora alsinearum*.

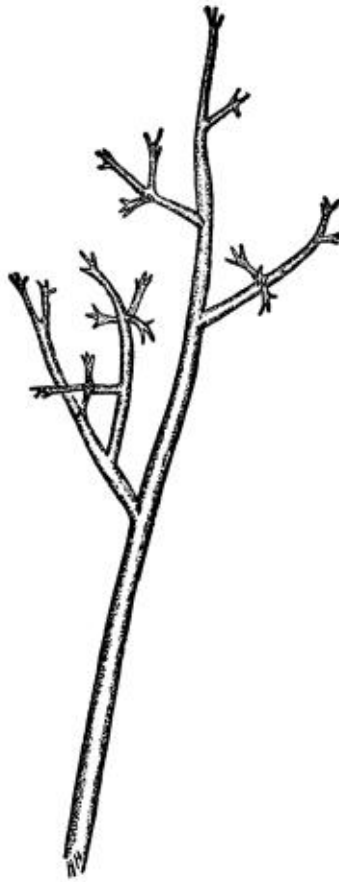


Рис. 201.

Разветвленная гифа ложной мучнистой росы винограда, проявляющая своеобразное ветвление (*Plasmopara viticola*).

395. Половое размножение сапролегнии.—Когда такие культуры становятся старше, мы часто видим большие округлые тела либо на конце нити, либо на ветке, которые содержат несколько меньших округлых тел, как показано на [рис. 196](#). Это оогонии (если только растение не атаковано паразитом), а круглые тела внутри - яйцеклетки, если они были до оплодотворения, или яйцеклетки, если этот процесс произошел после. Иногда можно увидеть тонкий антеридий, частично обвитый вокруг оогония, и один конец входит в контакт с яйцеклеткой. Но у некоторых видов антеридий отсутствует, и это относится к виду, [фигурирующему под номером 196](#). В этом случае яйцеклетки созревают без оплодотворения. Это созревание яйцеклетки без оплодотворения называется *партеногенезом*, который также происходит у других растений, но является довольно редким явлением.

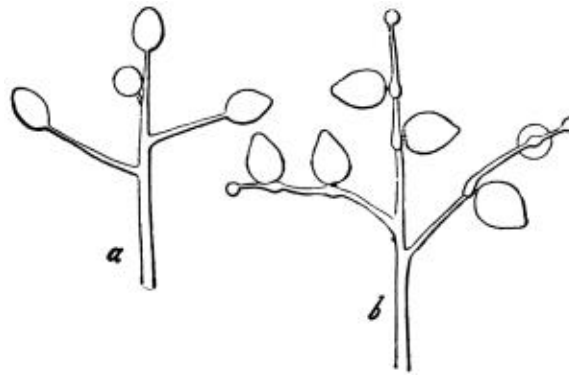


Рис. 202.

Гонидиеносцы и гонидии картофельной фитопфторы (*Phytophthora infestans*). *b*, более старая стадия, показывающая, как ветвь увеличивается там, где она вырастает за пределы более старого гонидия. (Вслед за де Бари.)



Рис. 203.

Гонидии фитопфтороза картофеля, образующие зоогонидии. (Вслед за де Бари.)

396. На [рис. 199](#) показаны оогоний и антеридий, причем антеридий переносится в мужском ядре в яйцеклетку. Сперматозоиды здесь не развиваются, но ядро в антеридии достигает яйцеклетки. Он погружается в протоплазму яйцеклетки, вступает в контакт с ядром яйцеклетки и сливается с ним. Таким образом, происходит оплодотворение.

Ложная мучнистая роса.

397. Ложная мучнистая роса составляет группу растений, которые тесно связаны с водяными плеснями, но они паразитируют на наземных растениях, а некоторые виды вызывают очень серьезные заболевания. Мицелий растет между клетками листьев, стеблей и т.д. Своих хозяев и отправляет гаустории в клетки для получения питательных веществ. Гонидии образуются на нитях, которые прорастают через устьица наружу и разветвляются, как показано на [рис. 198-201](#). Гонидии располагаются на кончиках ветвей. Вид ветвления имеет некоторое отношение к различным родам. [Рис. 200](#) получен из *peronospora alsinearum* на листьях *cerastium*; [рис. 197](#) и [199](#) - *Plasmopara viticola*, мучнистая роса винограда, в то время как [инжир. 198](#) и [202](#) относятся к *Phytophthora infestans*, которая вызывает заболевание, известное как фитопфтороз картофеля. Гонидии *peronospora* прорастают через зародышевую трубку, у *plasmopara* сначала образуются зоогонидии, в то время как у *phytophthora* гонидии могут либо прорасти, образуя нить, либо каждый гонидий может сначала образовать несколько зоогонидий, как показано на [рис. 203](#).

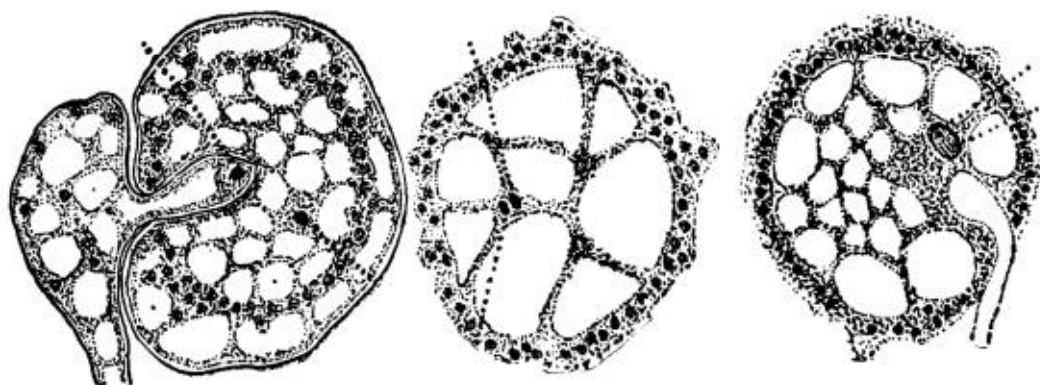


Рис. 204.

Оплодотворение у *Peronospora alsinearum*; трубка из антеридия, несущая ядро сперматозоида на рисунке слева, женское ядро рядом; слияние двух ядер показано на двух других рисунках. (В честь Берлезе.)

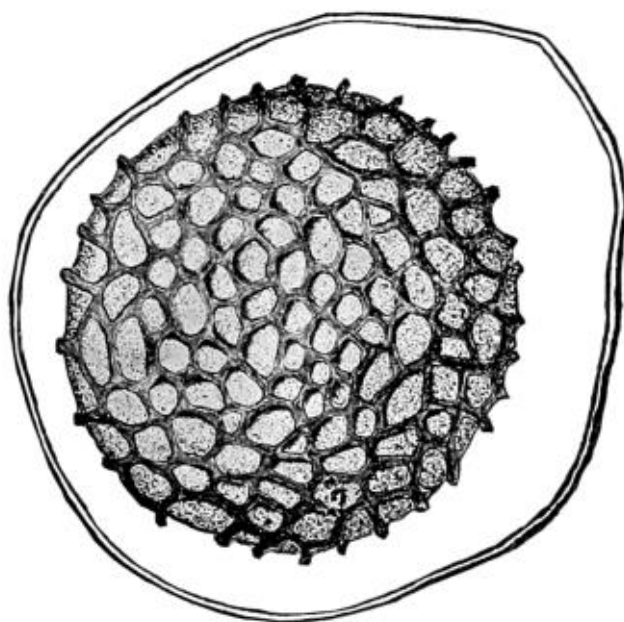


Рис. 205.

Зрелая яйцеклетка *Peronospora alsinearum*.

398. При половом размножении оогонии и антеридии развиваются на мицелии внутри тканей. [На рис. 204](#) изображен антеридий, входящий в оогоний, и мужское ядро, сливающееся с женским ядром при оплодотворении. Половые органы *Phytophthora infestans* недостаточно известны.

399. *Mucor*, *saprolegnia*, *peronospora* и их родственники имеют мало перегородок в мицелии или вообще не имеют их. В этом отношении они напоминают некоторые водоросли, такие как *vaucheria*, но им не хватает хлорофилла. Их иногда называют водорослеподобными грибами, и они принадлежат к большой группе, называемой *фикомицетами*.

ГЛАВА XX. ПРОДОЛЖЕНИЕ О ГРИБАХ.

“Ржавеет” (Uredineæ).

400. Грибы, известные как “ржавчина”, очень важны для изучения, поскольку все эти виды являются паразитическими, и многие из них наносят серьезный ущерб сельскохозяйственным культурам.

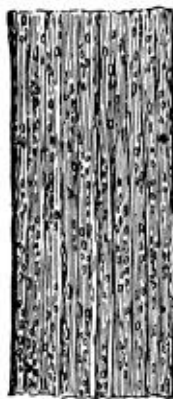


Рис. 206.

Лист пшеницы с красной ржавчиной, натуральный размер.



Рис. 207.

Часть листа увеличена, видны соринки.



Рис. 208.

Натуральный размер.



Рис. 209.
Увеличено.



Рис. 210.
Одиночный сор.

Рис. 206, 207.—Пуччиния злаковая, стадия красной ржавчины (стадия уредо).

Рис. 208-210.— Черная ржавчина пшеницы, на которой видны соринки телеутоспор.

401. Ржавчина пшеницы (*Puccinia graminis*).— Ржавчина пшеницы - один из самых известных из этих грибов, поскольку ему было уделено много внимания. Одна из форм растения встречается в виде длинных красновато-коричневых или красноватых пустул и известна как “красная ржавчина” ([фиг. 206, 207](#)). Другая форма встречается в виде удлиненных черных пустул, и эта форма известна как “черная ржавчина” ([фиг. 208-211](#)). Эти две формы встречаются на стеблях, пластинках и т.д. пшеницы, а также на овсе, ржи и некоторых злаках.

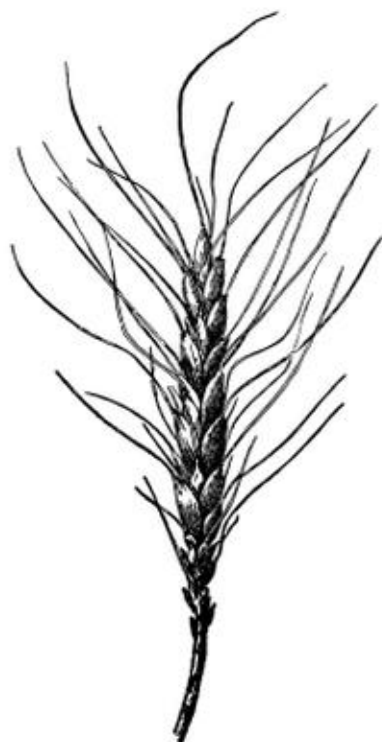


Рис. 211.

Колос пшеницы с черными пятнами ржавчины на мякине и остях.

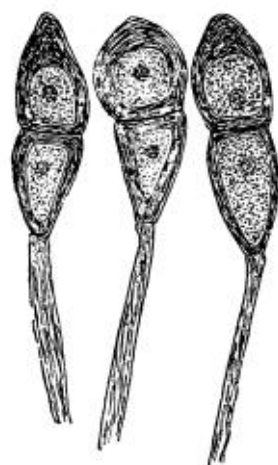


Рис. 212.

Телеутоспоры ржавчины пшеницы, видны две ячейки и цветоножка.

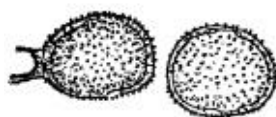


Рис. 213.

Уредоспоры ржавчины пшеницы, на одной видны остатки цветоножки.

402. Образуются телеутоспоры черной ржавчины.—Если мы соскрежем часть одной из черных пустул (сори), размажем ее водой на предметном стекле и исследуем под микроскопом, мы увидим многочисленные гонидии, состоящие из двух клеток и имеющие толстые коричневатые стенки, как показано на [рис. 212](#). Обычно на одном конце имеется

тонкий коричневатый стебель. Эти гонидии называются *телеутоспорами*. Они несколько продолговатые или эллиптические, немного сужены там, где перегородка разделяет две ячейки, а концевая ячейка варьируется от яйцевидной до округлой. Мицелий гриба проходит между клетками, как и в случае с ржавчиной гвоздики, которая относится к тому же семейству ([см. параграф 186](#)).

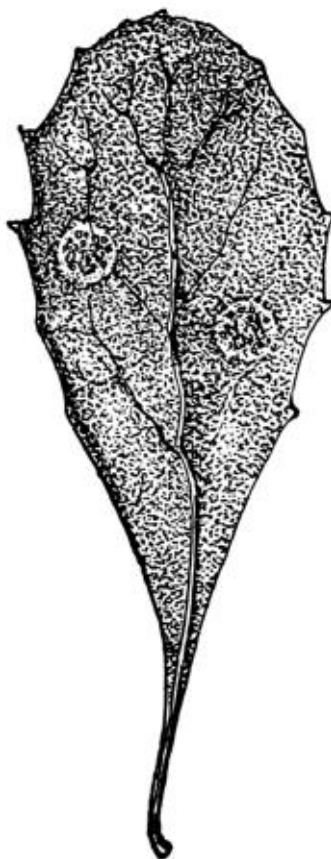


Рис. 214.

Лист барбариса с двумя пораженными пятнами, натурального размера.



Рис. 215.
Увеличенное пятно с чашечками гроздей.



Рис. 216.
Две чашечки гроздей увеличены, видны разделенные края.

Рис. 214-216. Стадия ржавчины пшеницы в виде чашечек.

403. Уредоспоры красно-ржавой формы.—Если мы сделаем аналогичный препарат из пустул формы красной ржавчины, то увидим, что вместо двуклеточных гонидий они одноклеточные. Стенки у них тоньше и не такого темного цвета, и они покрыты мелкими колючками. У них также короткие черешки, но они очень легко отпадают. Эти одноклеточные гонидии красно-ржавой формы называются “уредоспорами”. Уредоспоры и телеутоспоры иногда обнаруживаются в одной и той же пустуле.

Когда-то предполагалось, что эти два вида гонидий принадлежат разным растениям, но теперь известно, что одноклеточная форма, уредоспоры, развивается раньше в течение сезона, чем телеутоспоры.

404. Форма гроздевидных чашечек на барбарисе.—На барбарисе обнаруживается еще одна форма ржавчины пшеницы, стадия “гроздевидных чашечек”. Пустулы на нижней стороне листа барбариса имеют чашеобразную форму, чашечки частично утоплены в ткани листа, в то время как край более или менее загнут назад к листу и расщеплен в нескольких местах. Эти чашечки образуются скоплениями на пораженных участках листа барбариса, как показано на [рис. 215](#). Внутри чашечек множество одноклеточных гонидий (оранжевого цвета, называемых эцидиоспорами) образуются цепочками из коротких ветвей мицелия, которые заполняют основание чашечки. На самом деле стенка чашечки (перидий) образована из одинаковых рядов клеток, которые вместо того, чтобы разделяться на гонидии, остаются объединенными, образуя стенку. Эти чашечки обычно располагаются на нижней стороне листа.

405. Спермагония.— На верхней стороне листьев в том же месте появляются маленькие пустулы оранжевого цвета, имеющие форму колбы. Они несут внутри крошечные палочковидные тельца на концах тонких нитей, которые сочатся на поверхность листа. Эти пузырьковидные пустулы называются *спермагониями*, а крошечные тельца внутри них *сперматиями*, поскольку когда-то предполагалось, что они являются мужским элементом гриба. Их функция неизвестна. Они появляются в пятнах в более раннее время, чем чашечки кластеров.

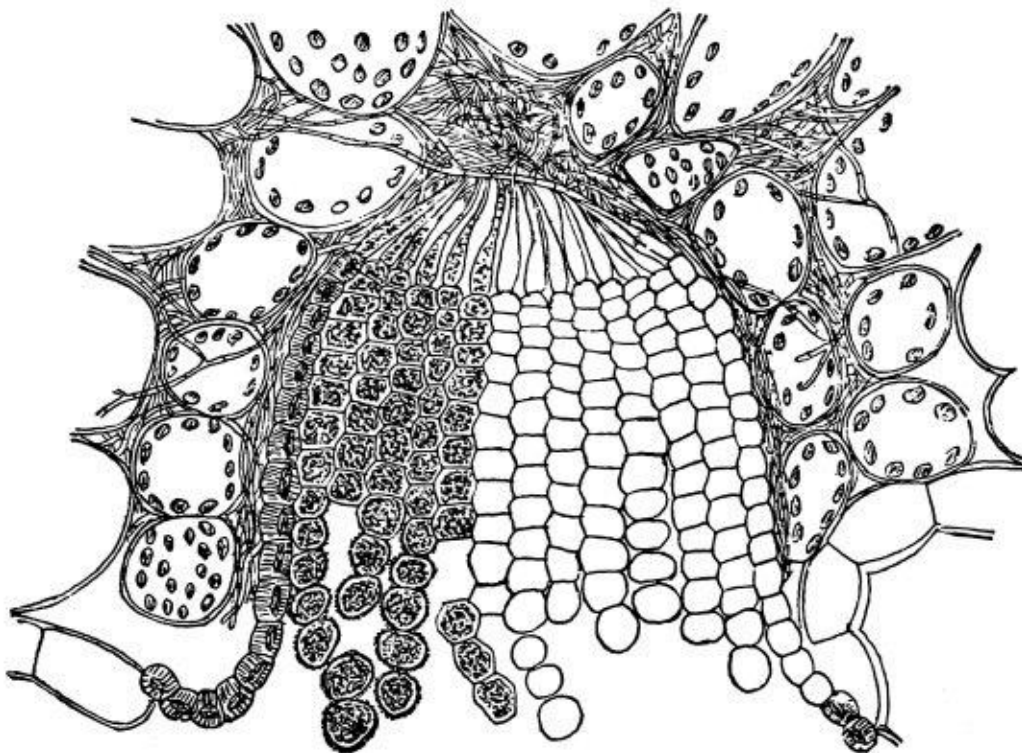


Рис. 217.

Срез ацидиума (чашечки) с листа барбариса.
(В честь Маршалла-Уорда.)

406. Как было обнаружено, что стадия гроздевидных чашечек является частью ржавчины пшеницы.— Когда-то предполагалось, что стадия гроздевидной ржавчины пшеницы также относится к другому растению, и род назывался *эцидиум*. Появление ржавчины пшеницы в большом количестве с подветренной стороны пораженных кустов барбариса в Англии навело фермеров на мысль, что ржавчина пшеницы была вызвана ржавчиной барбариса. Позже было обнаружено, что эцидиоспоры барбариса при посеве на пшеницу прорастают, и нити мицелия проникают в ткани пшеницы, образуя мицелий между клетками. Затем этот мицелий несет уредоспоры, а позже телеутоспоры.

407. Уредоспоры могут давать последовательные посевы уредоспор.— Уредоспоры переносятся ветром на другие растения пшеницы или злаков, прорастают, образуют мицелий в тканях, а затем пустулы со вторым урожаем уредоспор. За один сезон может развиваться несколько последовательных посевов уредоспор, так что это форма, в которой гриб сильно размножается и широко распространяется.

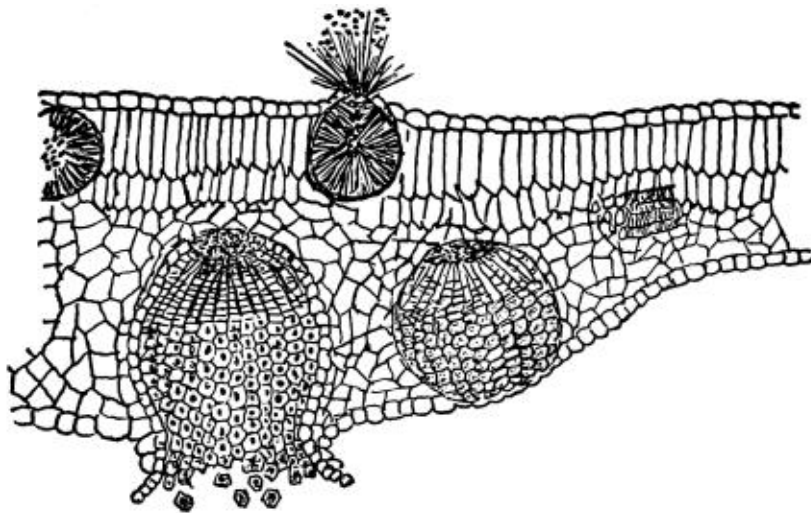


Рис. 218.

Разрежьте лист барбариса в месте, пораженном стадией пшеничной ржавчины в виде гроздевидных чашечек ; сверху спермагония, снизу эцидия.
(В честь Маршалла-Уорда.)

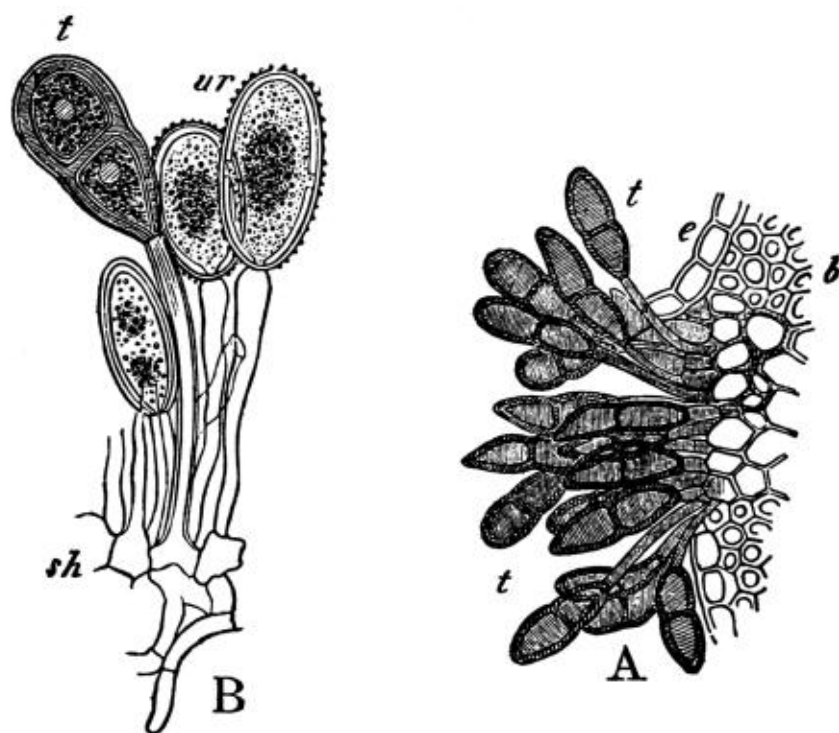


Рис. 219.

А, срез через сорусы черной ржавчины пшеницы, на котором видны телеутоспоры.

В, мицелий, содержащий как телеутоспоры, так и уредоспоры.

(Вслед за де Бари.)

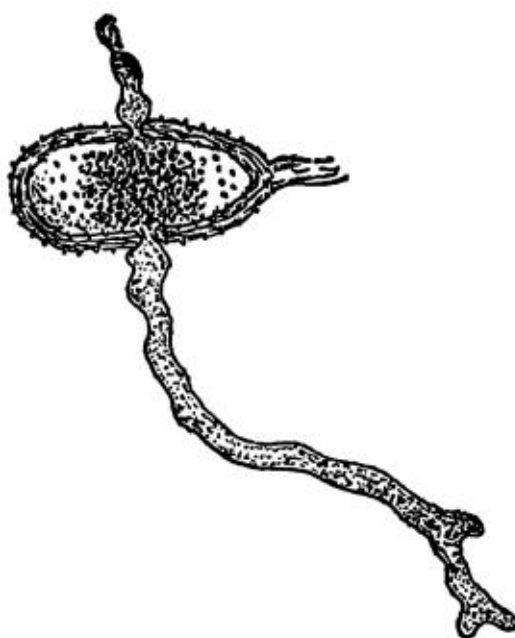


Рис. 220.

Прорастающая уредоспора ржавчины пшеницы. (По Маршаллу-Уорду.)

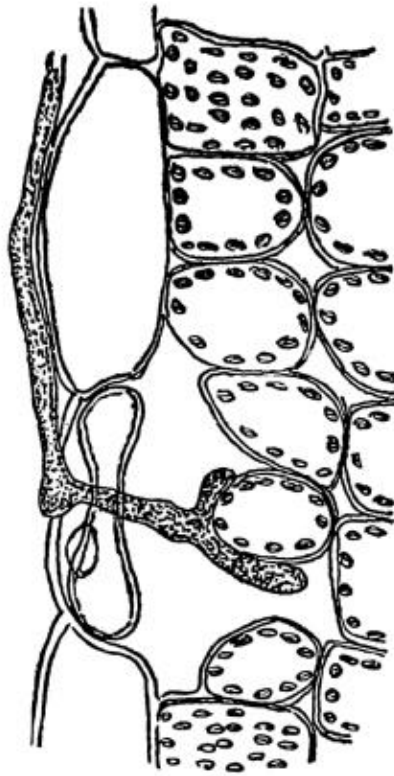


Рис. 221.

Зародышевая трубка входит в лист через устьицу.

407а. Телеутоспоры - последняя стадия грибка в сезоне.— Телеутоспоры развиваются в конце сезона или на поздней стадии развития растения-хозяина (в данном случае пшеницы). Затем они отдыхают в течение зимы. Весной при благоприятных условиях каждая клетка телеутоспоры прорастает, образуя короткий мицелий, называемый *промицелием*, как показано на фиг. [222](#), [223](#). Этот промицелий обычно делится на четыре клетки. Из каждой клетки образуется короткий заостренный отросток, называемый “*стеригмой*”. Благодаря этому протоплазма перемещается и образует небольшой гонидий на конце, иногда называемый *споридием*.



Рис. 222.

Телеутоспора прорастает, образуя промицелий.



Рис. 223.

Промицелий прорастающей телеутоспоры, образующий споридии.

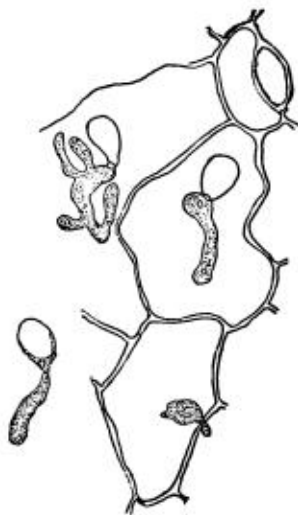


Рис. 224.

Прорастающие споридии проникают в лист барбариса с помощью мицелия.

Рис. 222-224.—Пуччиния злаковая (ржавчина пшеницы).
(В честь Маршалла-Уорда.)

408. Как грибок попадает из пшеницы обратно в барбарис.—Если эти споридии из телеутоспор переносятся ветром так, что они оседают на листьях барбариса, они прорастают и снова образуют гроздевидную чашечку. Таким образом, растение имеет очень сложную жизненную историю. Из-за присутствия нескольких различных форм в жизненном цикле, его называют *полиморфным* грибом.

Присутствие барбариса не представляется необходимым во всех случаях для развития грибка из года в год.

409. Краткий обзор истории развития ржавчины пшеницы.

Гроздь в виде чашечки на листе барбариса.

Мицелий между клетками листа в пораженных местах.

Спермагония (поет. spermagonium), маленькие тельца в форме колбы, утопленные в верхней стороне листа; содержат “сперматии”.

Эцидии (поют. эцидиум), чашевидные тела на нижней стороне листа.

Стенка, или перидиум, состоит из внешнего слоя грибковых нитей, которые разделены на короткие клетки, но остаются едиными.

При созревании прорывается сквозь эпидермис листа; край чашечки изгибается наружу и вниз по направлению к поверхности листа.

Центральные нити пучка плотно уложены, но свободны. Нити делятся на короткие угловатые клетки, которые отделяются и превращаются в эцидиоспоры с содержимым оранжевого цвета.

Эцидиоспоры переносятся ветром на пшеницу, овес, злаки и т.д. Здесь они прорастают, мицелий проникает в устьица и образует мицелий между клетками хозяина.

Стадия Уреда (красная ржавчина) на пшенице, овсе, злаках и т.д.

Мицелий между клетками хозяина.

Содержит уредоспоры (одноклеточные) в массах под эпидермисом, который позже разрывается и уредоспоры высвобождаются.

Уредоспоры переносятся ветром к другим отдельным хозяевам, и образуются новые культуры уредоспор.

Стадия телеутоспоры (черная ржавчина), также на пшенице и т.д.

Мицелий между клетками хозяина.

Несет телеутоспоры (2-клеточные) в виде скоплений (сорий) под эпидермисом, который позже разрывается.

Телеутоспоры покоятся зимой. Весной каждая клетка прорастает и образует промицелий, короткую нить, разделенную на четыре клетки.

Промицелий несет четыре стеригмат и четыре гонидия (или споридии), которые при благоприятных условиях переходят обратно в барбарис, прорастают, трубка проникает между клетками в межклеточное пространство хозяина, чтобы снова образовать гроздевидную чашечку, и таким образом жизненный цикл завершается.

410. Другие примеры ржавчины.—Некоторые виды ржавчины наносят большой вред фруктовым и лесным деревьям. “Кедровые яблоки” - это аномальные наросты на листьях и ветках кедра, вызванные присутствием мицелия ржавчины, известного как *Gymnosporangium macropus*. Телеутоспоры являются двухклеточными и образуются в ткани “кедрового яблока” или желчи. Телеутоспоры расположены через довольно равные промежутки времени на поверхности желчи в небольших круглых углублениях, и их легко увидеть поздней осенью и зимой. Вместе с телеутоспорами вырабатывается некоторое количество желатина. Ранней весной, во время теплых весенних дождей, студенистое вещество, сопровождающее телеутоспоры, сильно набухает и заставляет телеутоспоры выделяться длинными, тусклыми, оранжевого цвета нитями, которые постепенно сужаются к тонкой точке и щетинятся по всему “кедровому яблоку”. Здесь телеутоспоры прорастают и образуют споридии. Споридии переносятся на яблони, где они поражают листья и даже плоды, образуя здесь гроздевидные чашечки. Уредоспор нет.

G. globosum - еще один вид, образующий кедровые яблоки, но студенистые нити телеутоспор короткие и булабовидные, а на боярышнике образуются гроздевидные чашечки. *G. nidusavis* образует “ведьмины метлы” или “птичьи гнезда” в ветвях кедра. Мицелий в ветвях стимулирует их к обильному ветвлению, так что многочисленные мелкие веточки развиваются близко друг к другу. Телеутоспоры образуют небольшие пустулы, разбросанные по ветвям. *G. clavipes* поражает ветви кедра, лишь слегка деформируя их или не деформируя вовсе, а на плодах, веточках и листьях боярышника или айвы образуются гроздевидные чашечки, причем гроздевидные чашечки длинные, трубчатые и оранжевого цвета.

ГЛАВА XXI. ВЫСШИЕ ГРИБЫ.

411. Серия высших грибов.—Из них выделяются две большие серии. Один из них представлен мешковидными грибами, а другой - грибами, хорошим примером которых является обыкновенный гриб (*Agaricus campestris*).

Мешковидные грибы (аскомицеты).

412. Мешковидные грибы могут быть представлены "мучнистой росой"; примеры: *uncinula*, *microsphæra*, *podosphæra* и т.д. [Рис. 225](#) взят с фотографии двух листьев ивы, пораженных одной из этих плесеней. Сначала листья частично покрываются беловатыми наростами мицелия, и многочисленные цепочки бесцветных гонидий держатся на коротких прямостоячих нитях. Скопления гонидий придают листу порошкообразный вид. Мицелий находится на внешней поверхности листа, но посылает короткие гаустории в клетки эпидермиса.

413. Плодовые тела ивы мучнистой.—На этом же мицелии позже появляются многочисленные черные крапинки, разбросанные по пораженным местам листа. Это плодовые тела (*перитеции*). Если мы соскрежем некоторые из них с листа и поместим в воду для микроскопического исследования, мы сможем увидеть их структуру. Рассматривая их сначала с помощью микроскопа малой мощности, можно увидеть, что каждый из них представляет собой округлое тело, от которого отходят многочисленные нити, *придатки*. Каждый из этих придатков свернут на конце в виде маленького крючка. Из-за этих крючковатых придатков этот род называется *uncinula*. Это округлое тело и есть *перитеций*.

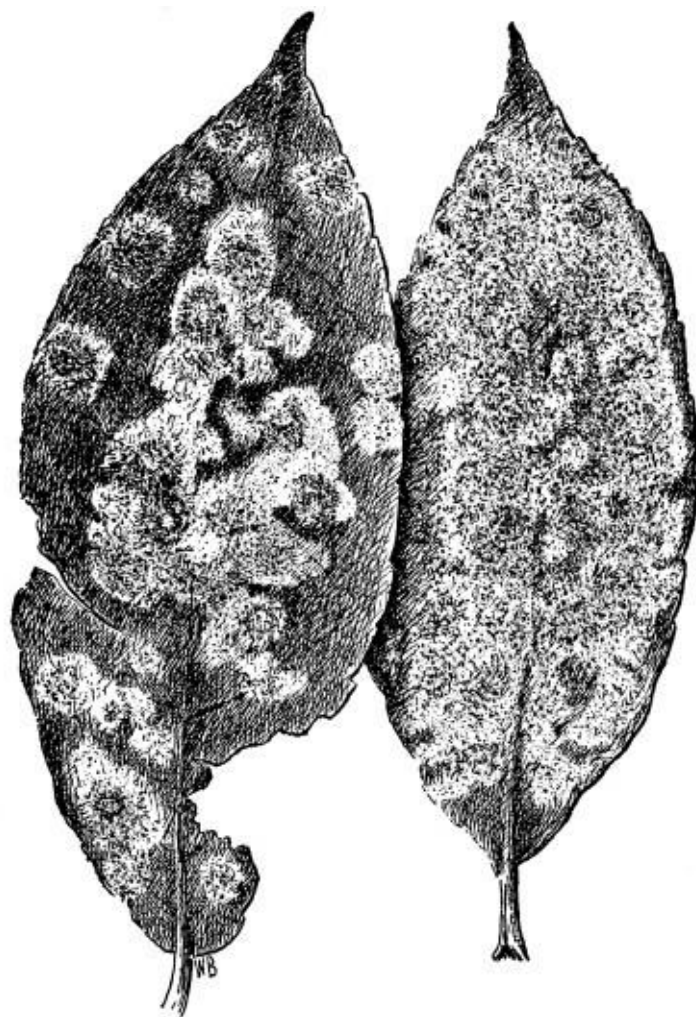


Рис. 225.

Листья ивы, пораженные ивовой росой. Черные точки - это плодовые тела (перитеции), расположенные на белом мицелии.

414. Аски и аскоспоры.—Пока мы рассматриваем некоторые из них через микроскоп с низкой мощностью, мы должны нажимать иглой на покровное стекло, пока не увидим несколько разрывов перитеции. Если это сделать осторожно, мы увидим несколько маленьких яйцевидных мешочков, каждый из которых содержит некоторое количество спор, как показано на [рис. 227](#). Такой мешочек является *ascus*, а споры - *ascospores*.



Рис. 226.

Ивовая мучнистая роса; кусочек мицелия с прямостоячими конидиеносцами, несущий цепочку гонидий; гонидий слева прорастает.

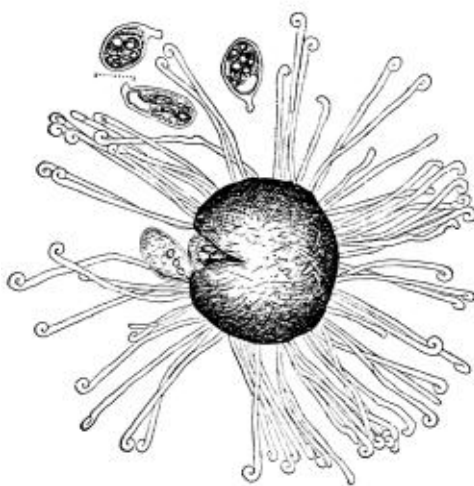


Рис. 227.

Плоды ивы мучнистой, с крючковатыми придатками. Род *uncinula*.



Рис. 228.

Плодовое тело другой мучнистой росы с дихотомическими придатками. Род *microsphæra*.

Инжир. 227-228.—Перитеция (*perithecium*) двух мучнистых рос, проявляющаяся побегом *asci*, содержащим споры из раздавленных плодовых тел.



Рис. 229.

Контакт антеридиума и карпогония (карпогоний - более крупная клетка); начало оплодотворения.



Рис. 230.

Исчезновение контактных стенок антеридия и карпогония и слияние двух ядер.

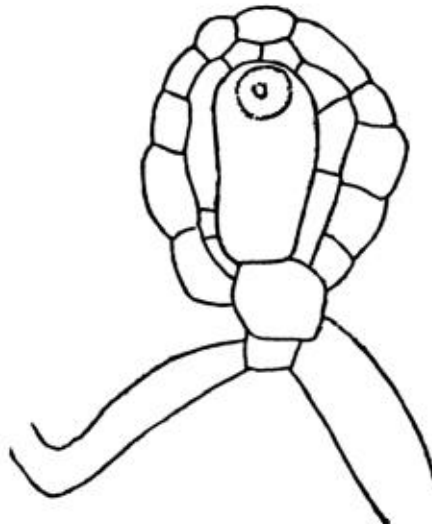


Рис. 231.

Оплодотворенная яйцеклетка окружена обволакивающими нитями, которые растут вокруг нее.

Рис. 229-231.—Внесение удобрений у сферотеки; один из видов мучнистой росы.
(В честь Харпера.)

415. Количество спор в аске.—Аска - наиболее важный признак, показывающий общее родство представителей мешочковых грибов. В то время как многие виды мучнистой росы имеют переменное количество спор в ascus, подавляющее большинство аскомицетов имеют всего 8 спор в ascus, в то время как у некоторых их 4, у других 16, а у некоторых неопределенное количество. Показатели asci в перитеции более вариабельны. У некоторых аскомицетов перитеций отсутствует.

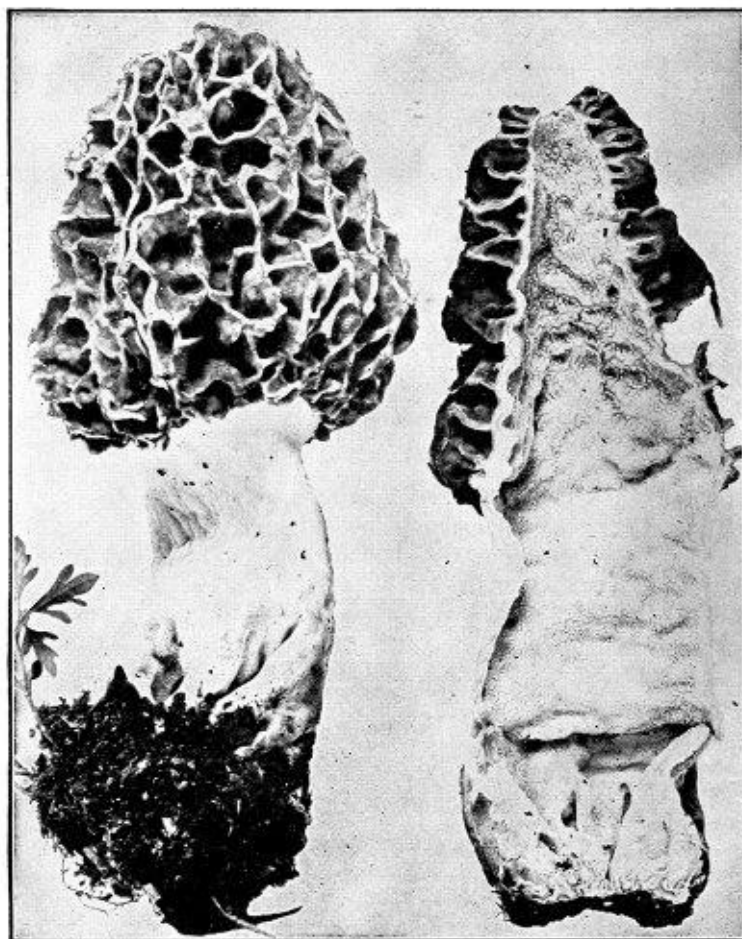


Рис. 231а.

Съедобный сморчок. *Morchella esculenta*. Косточки, образующие гимениум, покрывают поверхность с косточками.

416. Черные грибы.— Они очень распространены на сухих бревнах, ветках, листьях и т.д., и их можно собирать в лесу практически в любое время года. Перитеции часто многочисленны, разбросаны или плотно сжаты как у розеллий. Иногда они объединяются, образуя корку, которая частично образована из стерильных элементов, как у гипоксилон, или они образуют черные булабовидные или разветвленные тельца, как у ксиларии. Черный узел сливы и вишни также является примером.

Лишайники в основном представляют собой аскомицеты, такие как черные грибы или чашевидные грибы, в то время как некоторые из них являются базидиомицетами.

417. Сморчки (*Morchella*).—Есть несколько видов сморчков, которые часто встречаются ранней весной на влажной земле. Любой из видов пригоден для использования, если желательно включить его в исследование. На рис. 231а показан *Morchella esculenta*. Плодоножка цилиндрическая и крепкая. Плодоносящая часть образует “головку” и на ней глубокие косточки. Вся поверхность с косточками покрыта семенами, которые цилиндрические и с восемью спорами. Из части можно сделать тонкий срез для изучения или раздавить небольшой кусочек под покровным стеклом.

418. Чашечные грибы.—Эти грибы летом часто встречаются на влажной земле или на гниющих бревнах. Для изучения их можно сохранить в 70-процентном спирте. Многие из них имеют форму широких открытых чашек или блюдец. Внутренняя поверхность чаши - это поверхность для плодоношения, и она покрыта цилиндрическими плодоножками,

которые стоят бок о бок. Кусочек чашки можно разрезать на кусочки или раздавить под покровным стеклом для изучения.

Грибы (базидиомицеты).

419. Большая группа грибов, к которой принадлежит гриб, называется базидиомицетами, потому что у всех них присутствует структура, напоминающая булаву, или базидиум, и они несут ограниченное количество спор, обычно четыре, хотя у некоторых родов их количество варьируется. Некоторые относят ржавчины (*Uredineae*) к тому же ряду (ряду базидиев) из-за короткого промицелия и четырех споридий, развившихся из каждой клетки телеутоспоры.

420. Грибы, несущие жабры (*Agaricaceae*).—Хорошим примером для этого исследования является обыкновенный гриб (*Agaricus campestris*).

Это происходит с июля по ноябрь на газонах и травянистых полях. Растение имеет несколько зонтиковидную форму, как показано на [рис. 232](#), и обладает цилиндрическим стеблем, прикрепленным к нижней стороне выпуклой шляпки, или пилеуса. На нижней стороне пилеуса расположены тонкие расходящиеся пластины, по форме напоминающие лезвие ножа. Это жабры, или пластинки, и ближе к ножке они закруглены под нижним углом и не прикреплены к ножке. Более длинные из них простираются от края ножки до края пилеуса, а V-образные промежутки между ними заняты последовательно более короткими. Вокруг ножки, немного ниже жабр, находится ошейник, называемый кольцом или кольцевой канаткой.

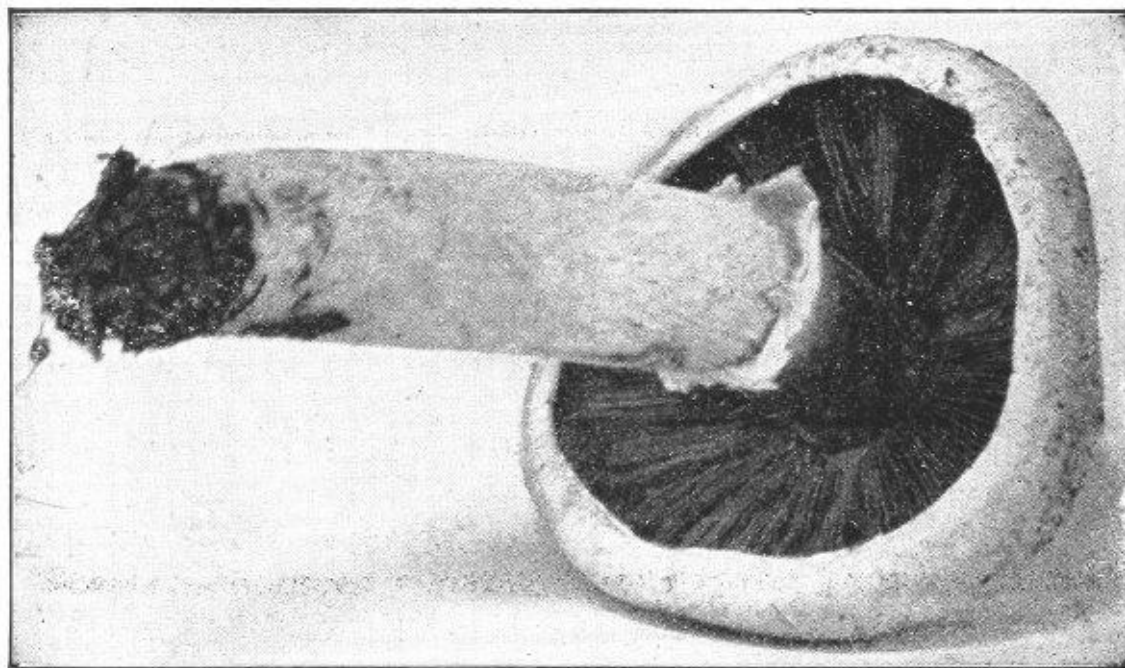


Рис. 232.

Агарикус кампестрис. Вид с нижней стороны, показывающий ножку, кольцевидное кольцо, жабры и край копчика.

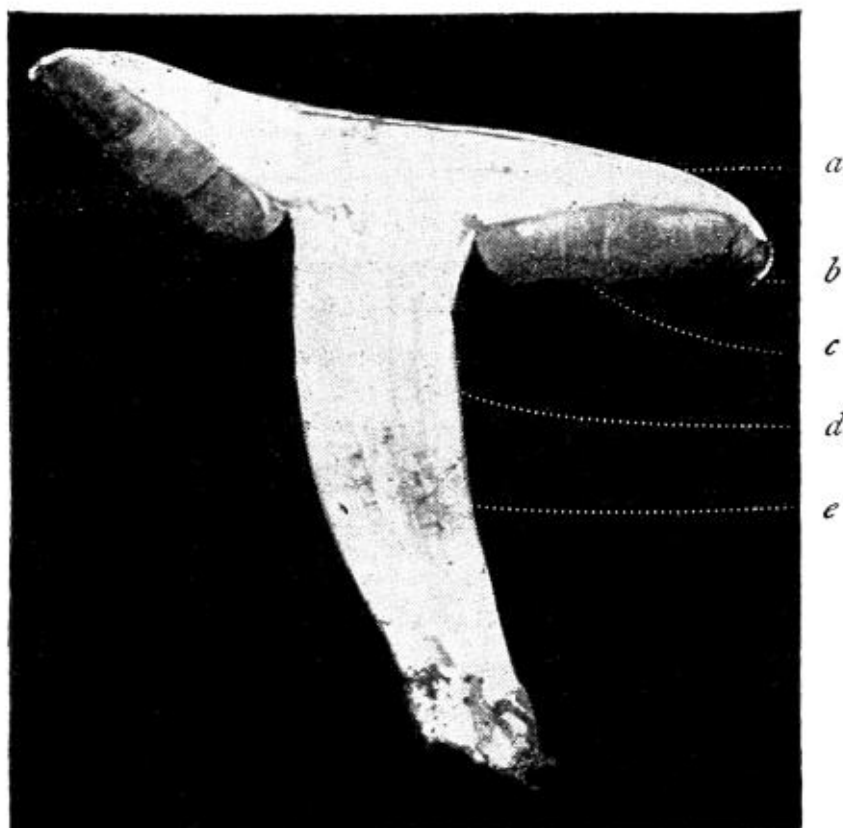


Рис. 233.

Агарикус кампестрис. Продольный разрез через ножку и копчик. *a*, копчик; *b*, часть вуали на краю копчика; *c*, жабры; *d*, фрагмент кольца; *e*, ножка.

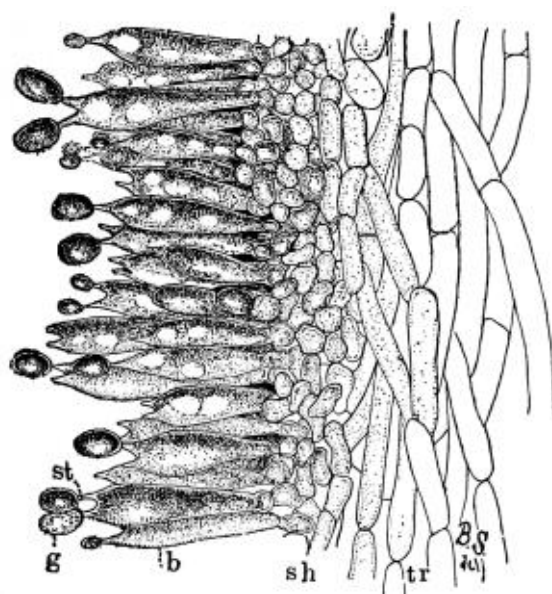


Рис. 234.

Часть сечения пластинки *Agaricus campestris*. *tr*, trama; *sh*, субхимений; *b*, базидий; *st*, стеригма (*pl. sterigmata*); *g*, базидиоспоры.

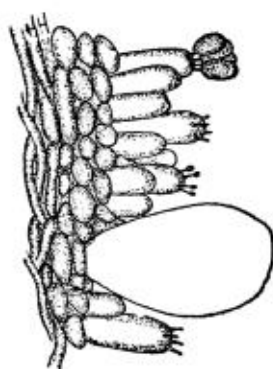


Рис. 235.

Часть гимения *Coprinus micaceus* с большим цистидием в гимении.

421. Плодоносящая поверхность гриба. Поверхность этих жабр является плодовой поверхностью гриба и несет на себе гонидии гриба, которые в зрелом возрасте становятся темно-пурпурно-коричневыми, и, таким образом, в старом возрасте жабры приобретают темный цвет. Если мы сделаем тонкий разрез поперек нескольких жабр, то увидим, что каждая сторона жабр покрыта тесно расположенными булавовидными тельцами, каждое из которых представляет собой *базидий*. На [рис. 234](#) некоторые из них увеличены, так что можно увидеть структуру жабр. Каждый базидий обыкновенного гриба имеет два остистых отростка на свободном конце. Каждый из них является *стеригмой* (множественное число *стеригмата*) и несет гонидий. У большинства представителей семейства грибных каждый базидий несет по четыре споры. При созревании эти споры легко отпадают, и их масса придает пурпурно-черный цвет предметам, на которые они падают, так что отпечаток нижней поверхности шляпки, показывающий расположение жабр, можно получить, отрезав ножку и положив пилеус на некоторое время на белую бумагу.

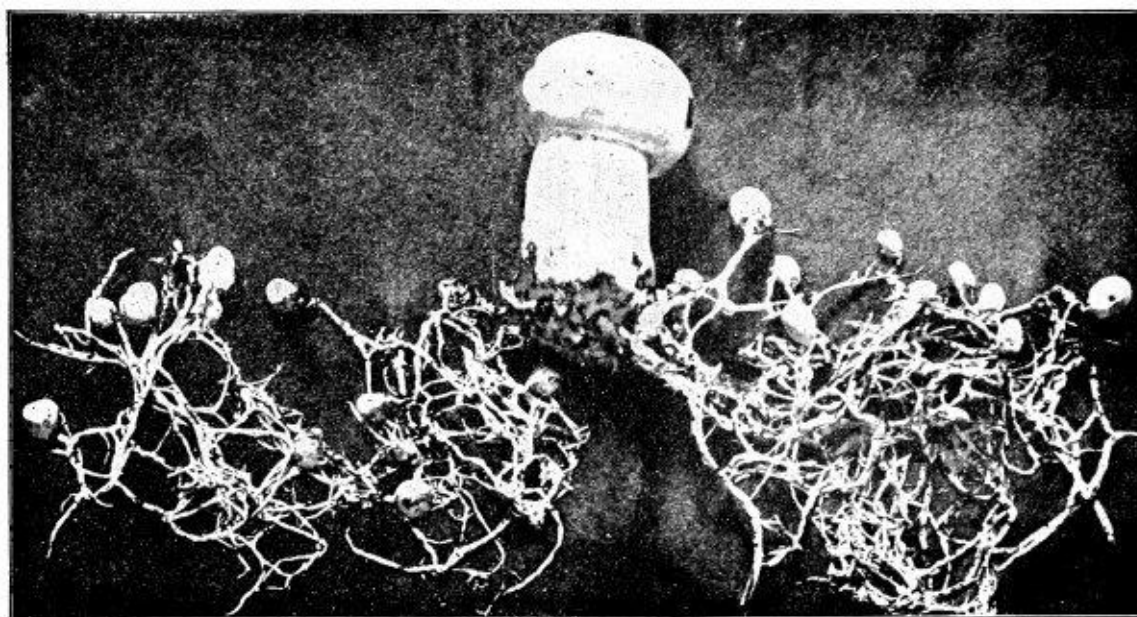


Рис. 236.

Агарикус кампестрис. Почву отмывают от “икринки” и “пуговиц”, показывая крошечные молодые “пуговицы”, прикрепленные к нитям мицелия.

422. Как образуется гриб.—Мицелий гриба живет в земле и растет здесь в течение нескольких месяцев или даже лет, и в соответствующее время года развивается зрелое грибное растение. Мицелий питается разлагающимся органическим веществом, и большое количество нитей растет близко друг к другу, образуя нити, или шнуры, мицелия, которые довольно заметны, если их раскрыть при удалении почвы, как показано на [рис. 236](#).

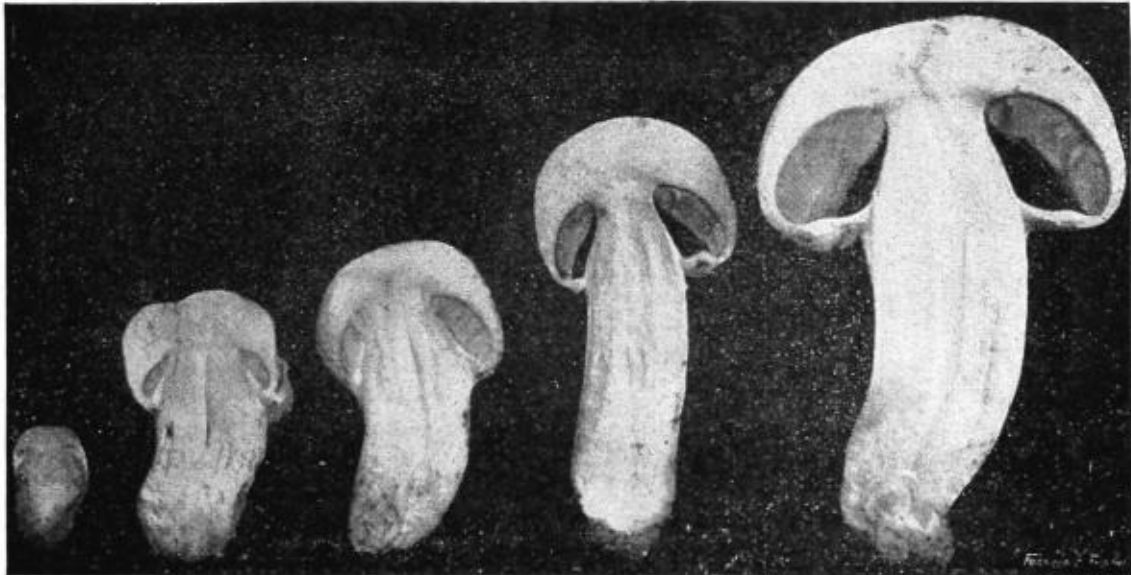


Рис. 237.

Agaricus campestris; срезы “пуговиц” разного размера, показывающие образование жабр и покрывающую их вуаль.

423. Из этих нитей образуются пуговицы с помощью многочисленных нитей, растущих бок о бок в вертикальном направлении, причем каждая нить растет независимо на конце, но все они лежат очень близко друг к другу. Когда пуговицы становятся совсем маленькими, на нижнем краю ручки начинают формироваться жабры. Они образованы определенными нитями, растущими вниз в виде расходящихся гребней, причем этих гребней столько же, сколько должно образоваться жабр. В то же время нити ножки растут вверх, соединяясь с нитями по краю пуговицы таким образом, что они прикрывают формирующиеся жабры и, таким образом, заключают жабры в крошечную полость. Это видно на разрезах пуговиц для разных возрастов, как показано на [рис. 237](#). Эта завеса мицелия, которая таким образом натягивается поперек жаберной полости, и есть вуаль. По мере того как колпачок все больше и больше расширяется, он растягивается, образуя тонкую и нежную текстуру, как показано на [рис. 238](#). Наконец, как показано на [рис. 239](#), эта завеса разрывается из-за расширения пилеуса, и она либо прикрепляется к ножке в виде воротничка, либо ее часть остается прикрепленной к краю шляпки. Когда пуговки совсем молодые, жабры белые, но вскоре они приобретают розовый цвет, и очень скоро после разрыва вуали споры созревают, и тогда жабры становятся темно-коричневыми.



Рис. 238.

Agaricus campestris; почти зрелые растения, на которых все еще видна вуаль, покрывающая жаберную полость.

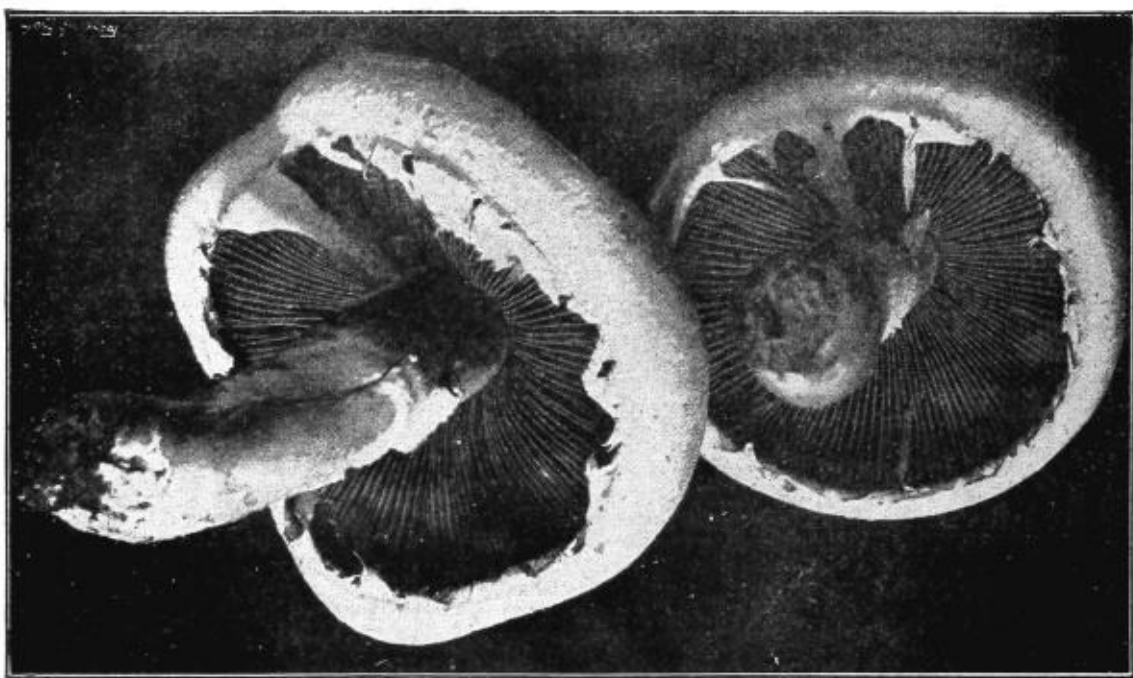


Рис. 239.

Agaricus campestris; на двух растениях сразу после разрыва вуали видны фрагменты последней, цепляющиеся как за край pileуса, так и за стебель.



Рис. 240.

Agaricus campestris; растение в естественном положении сразу после разрыва покровной оболочки, проявляющее тенденцию к двойному кольцеванию на стебле. Куски вуали также стекают с края пилеуса.

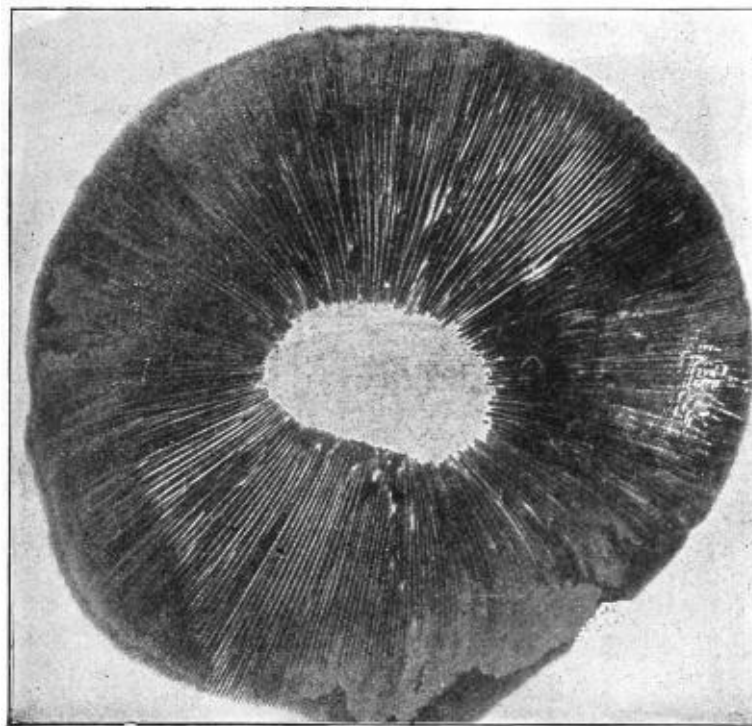


Рис. 241.

Agaricus campestris; отпечаток споры.

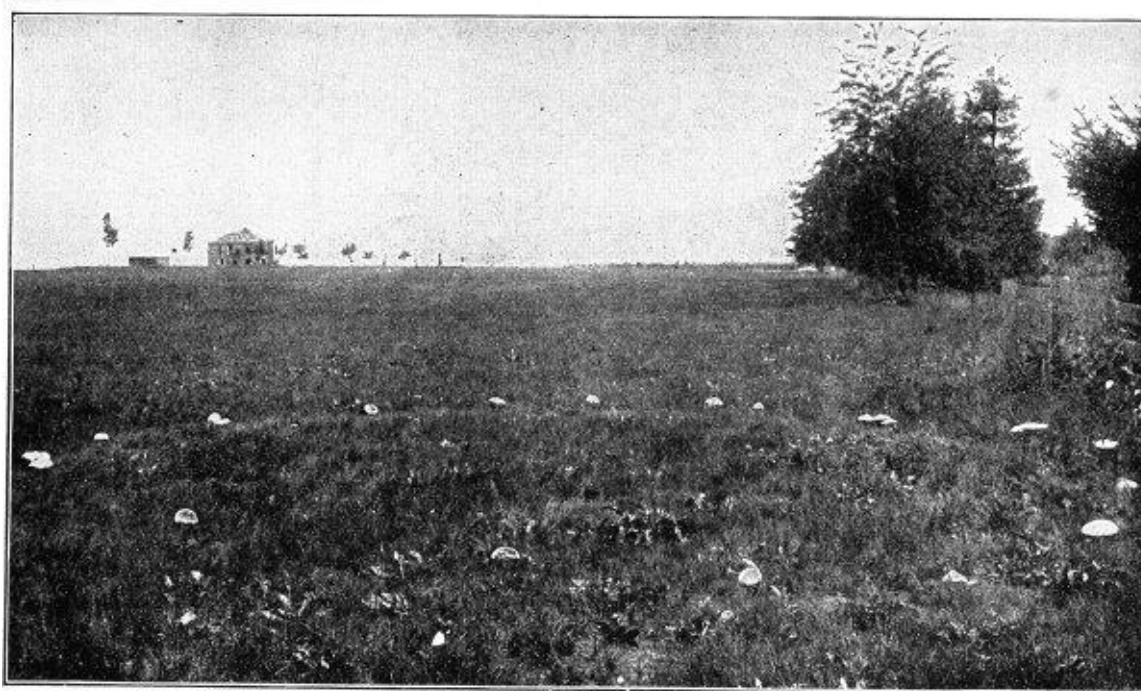


Рис. 242.

“Волшебное кольцо”, образованное *Agaricus arvensis* (фотография Б. М. Дуггара).
Каждый год мицелий распространяется центробежным способом, потребляя доступную пищу, и, таким образом, растения образуются кольцом.



Рис. 243.

Мухомор фаллоидный; белая форма, с ворсинками, ножкой, кольцевидным отростком и завитком.

424. Остерегайтесь ядовитого гриба.— Количество видов грибов, или поганок, как их часто называют, очень велико. Помимо обычного гриба (*Agaricus campestris*) существует большое количество других съедобных видов. Но человек должен быть очень хорошо знаком с любыми видами, собираемыми в пищу, если только их не собирает тот, кто наверняка знает, что это за растение, поскольку небрежность в этом отношении иногда приводит к фатальным последствиям при употреблении в пищу ядовитых растений.

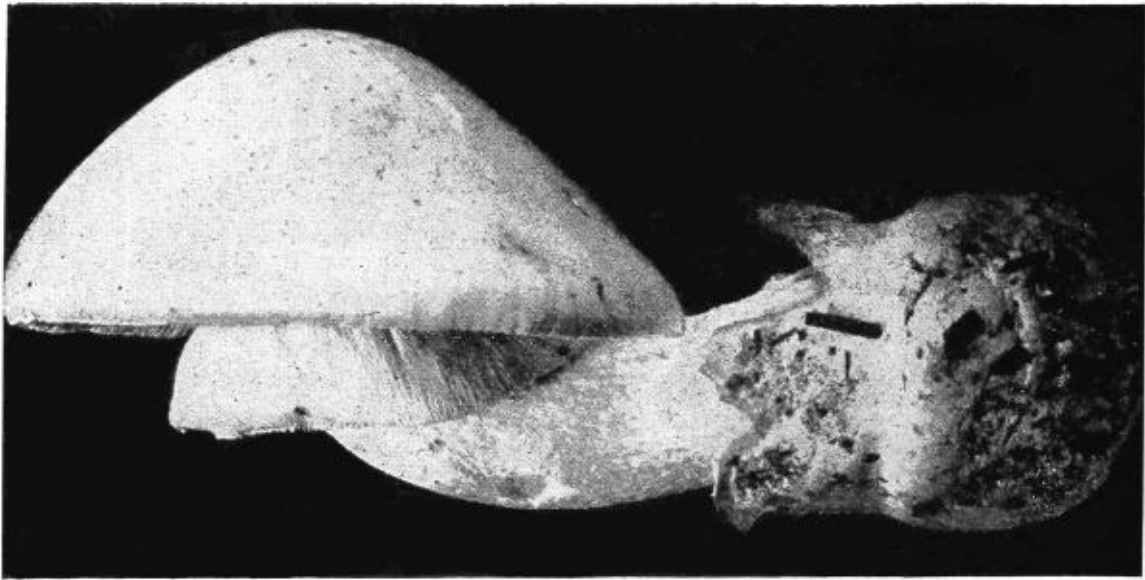


Рис. 244.

Amanita phalloides; растение, повернутое набок после того, как было помещено в горизонтальное положение, под действием направленной силы тяжести.

425. Растением, очень похожим по структуре на *Agaricus campestris*, является *Lepiota paucina*, но споры белые, и, следовательно, жабры белые, за исключением того, что с возрастом они становятся грязно-розовыми. Это растение часто встречается на травянистых полях и газонах вместе с обычным грибом. Следует проявлять большую осторожность при сборе и изучении признаков этих растений, поскольку очень смертельно ядовитый вид, мухомор фаллоидный (*Amanita phalloides*), совершенно белый, имеет белые споры, кольцо и растет обычно в лесистых местах, но также иногда встречается на полях газонов. У этого растения основание стебля расположено в чашевидной структуре, *вольве*, показанной на [рис. 243](#). Следует осторожно выкапывать стебель, чтобы не оторвать эту полость, если она присутствует, поскольку при отсутствии этой структуры растение легко можно принять за лепиоту, что приведет к серьезным последствиям.



Рис. 245.

Подосиновик съедобный. Подосиновик едучий. Поверхность плодоношения покрыта медовыми гребешками с нижней стороны шляпки.

426. Трубнообразные грибы (Polyporaceae).—У трубчатых грибов плодоносящая поверхность, вместо того чтобы покрывать поверхность жабр, выстилает поверхность трубочек или пор с нижней стороны шляпки. Следовательно, плодоносящая часть “покрыта медом”. Полипорус сернистый (*Polyporus sulphureus*) иллюстрирует одну из форм. Трубнообразные грибы иногда называют “скобчатыми” грибами или “полочными” грибами, потому что пилеус прикрепляется к дереву или пню подобно полке или кронштейну. Одной из очень распространенных форм в лесах является растение, столь востребованное “художниками” и часто называемое *Polyporus applanatus*. Он твердый и древесный, красновато-коричневый, бурый или сероватый с верхней стороны, в зависимости от возраста, и отмечен выступающими большими концентрическими гребнями. (Эта форма, вероятно, *P. leucorhaeus*.) Нижняя сторона белая и покрыта многочисленными очень мелкими порами. Это растение многолетнее, то есть живет из года в год. Каждый год на нижнюю сторону добавляется новый слой, а по краям обычно несколько новых колец. Если растение двух- или трехлетнего возраста разрезать надвое, то будет видно несколько отчетливых трубчатых слоев, каждый из которых представляет годовой прирост.

У некоторых из этих грибов-скобочек каждое кольцо на верхней поверхности отмечает годовой прирост, как у сосны обыкновенной (*P. pinicola*). У березового полипора (*P. fomentarius*) трубки довольно большие. Это встречается и на других деревьях. Буковый полипор (*P. igniarius*, также на других деревьях) часто становится очень старым. Я видел один экземпляр старше восьмидесяти лет. Не все трубнообразные грибы имеют форму скобок. У некоторых есть стержень и шляпка (см. [рис. 245](#)). Некоторые выкладываются на поверхность бревен.

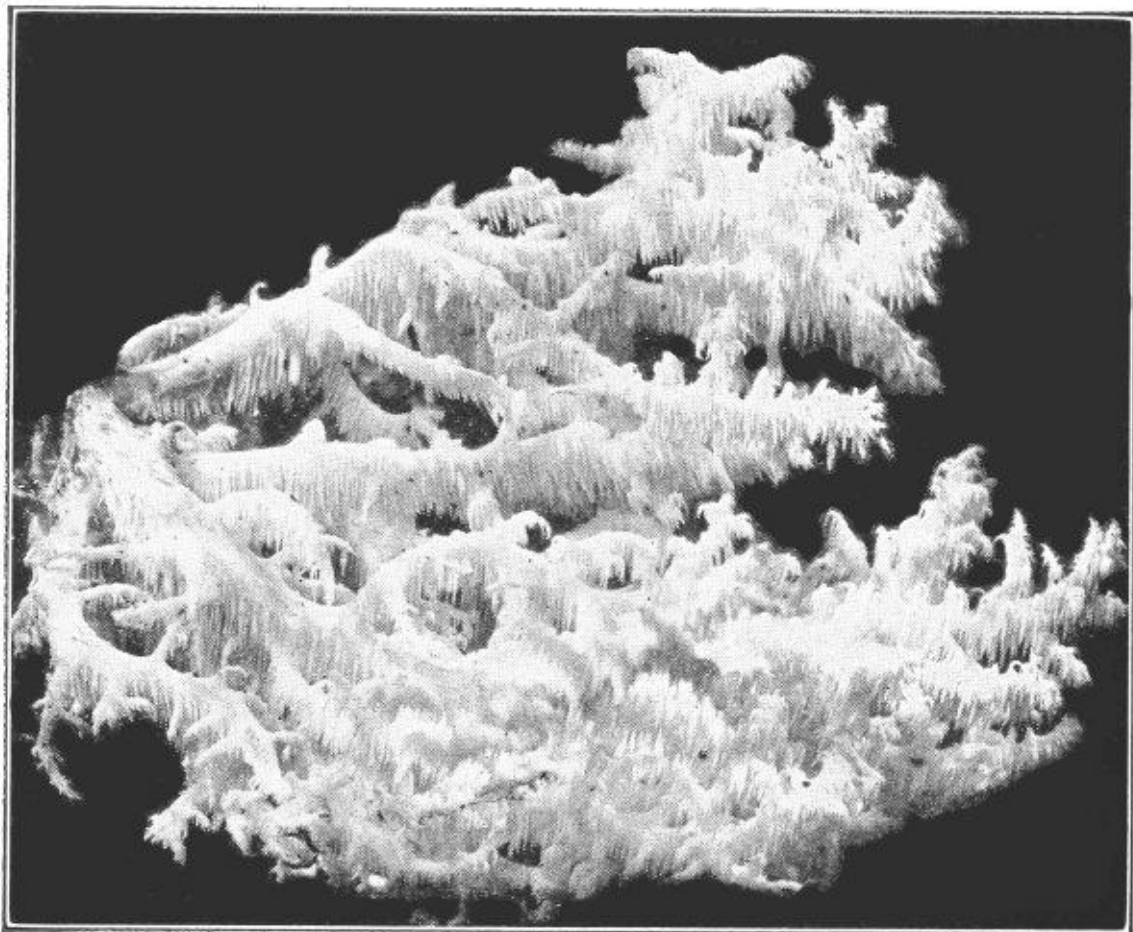


Рис. 246.

Коралловый гриб. *Hydnum coralloides*, колючки, свисающие с ветвей.

427. Ежовые грибы (Hydnaceae).—Эти растения имеют форму скобок, или имеют стебель и шляпку, или расположены на поверхности древесины; но самые прекрасные экземпляры напоминают коралловые скопления тканей гриба (например, *Hydnum*, [рис. 246](#)). У большинства из них имеются тонкие отростки, напоминающие зубы, шипы или шилья, которые отходят от нижней поверхности ([рис. 247](#)). Плодоносящая поверхность покрывает эти колючки.

428. Коралловые грибы, или волшебные дубинки (Clavariaceae).—Эти растения растут вертикально из древесины, листьев или почвы, на которой они растут (например, *клавария*). "Коралловые" ветвистые, в то время как "волшебные дубинки" простые. Поверхность плодоношения покрывает всю открытую поверхность растений ([рис. 248](#)).

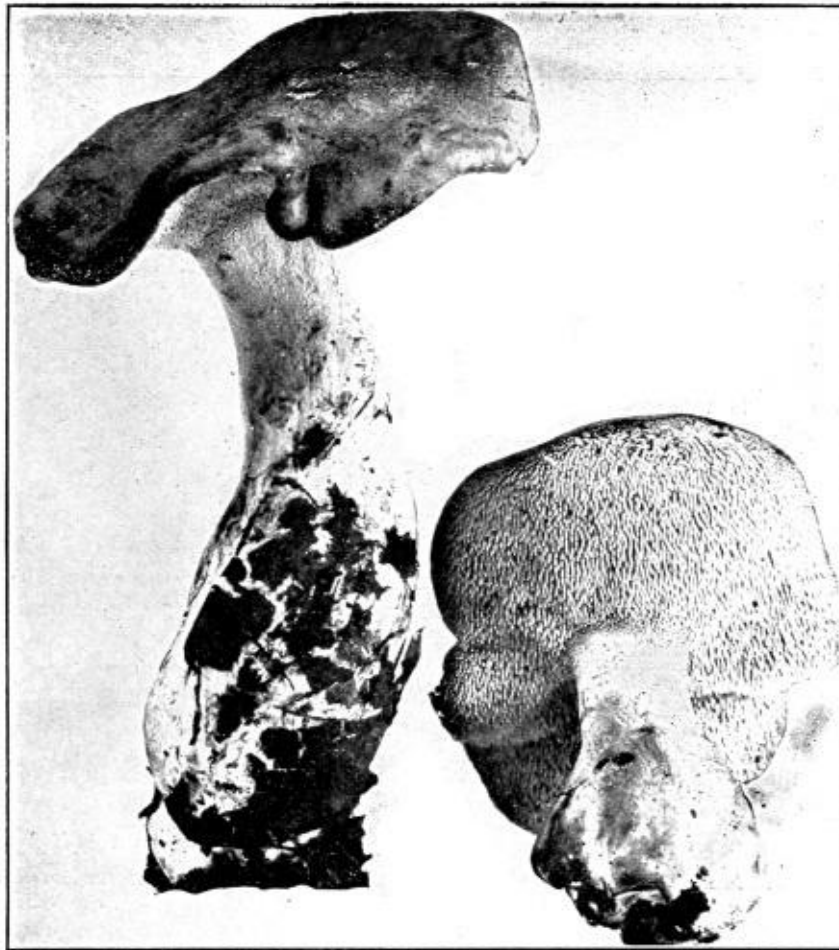


Рис. 247.

Hydnum repandum, шипы свисают с нижней стороны шляпки.

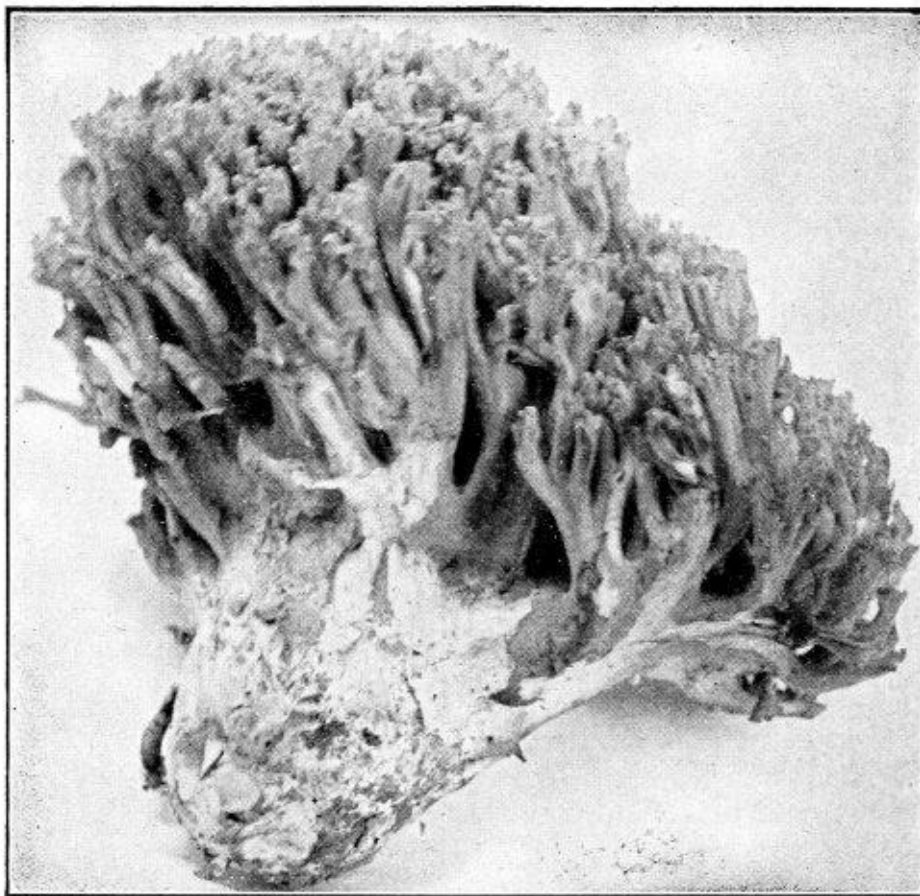


Рис. 248.
Clavaria botrytes.

ГЛАВА XXII. КЛАССИФИКАЦИЯ ГРИБОВ.

429. Классификация грибов. Те, кто считает, что грибы представляют собой естественную группу растений, распределяют их в три больших ряда, связанных друг с другом примерно следующим образом:

Тип или серия гонидий. Количество гонидий в спорангии неопределенно и варьируется. Он может быть очень большим или очень маленьким, или даже только один в спорангии. К этому ряду принадлежат низшие грибы; примеры: мукор, сапролегния, пероноспора и др.

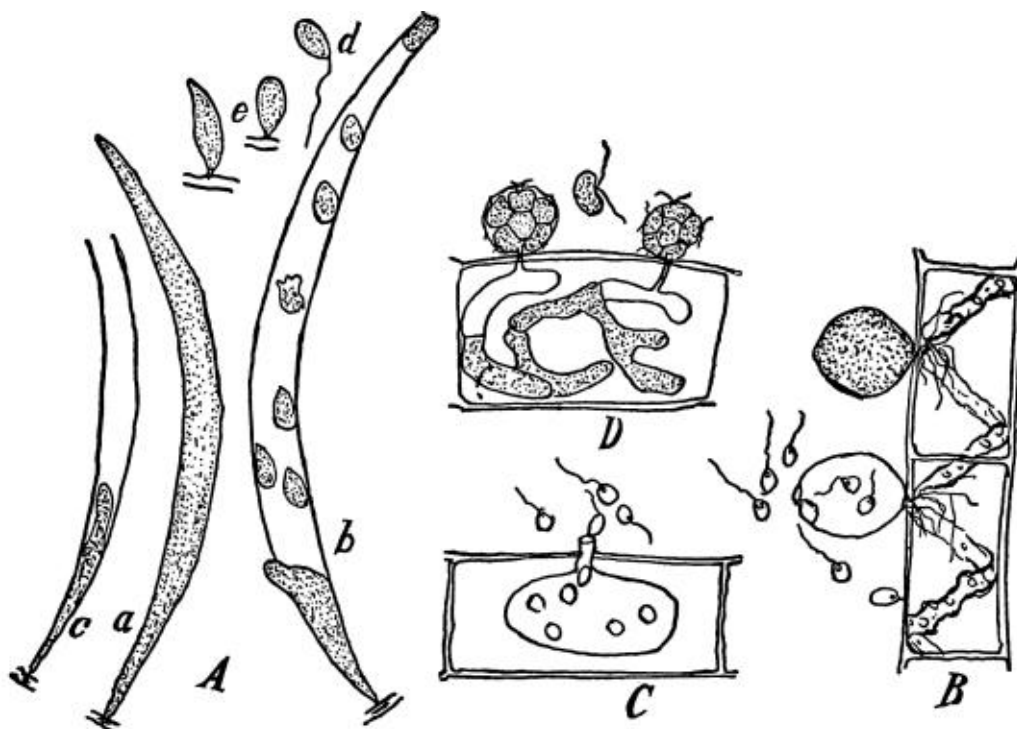
Тип или серия базидиев. Количество гонидий на базидии ограничено и определено, а базидий представляет собой характерную структуру; примеры: уредины (ржавчина), грибы и т.д.

Тип или серия Ascus. Количество спор в ascus ограничено и определено, и ascus представляет собой характерную структуру; примеры: скручивание листьев персика (ехоascus), мучнистая роса, черная сучковатость сливы, черная гниль винограда и т.д.

430. Другие считают, что грибы не представляют собой природную группу, но что они развились из разных групп водорослей, став паразитическими. Как паразиты, они больше не нуждались в хлорофилле и, следовательно, потеряли его.

Согласно этой точке зрения, низшие грибы развились из низших водорослей (сапролегнии, мукоры, пероноспоры и т.д., Развившиеся из сифоновых водорослей, таких как *vaucheria*), а высшие грибы развились из высших водорослей (аскомицеты, возможно, из *Rhodophyceae*).

431. Здесь может быть представлена очень общая схема классификации,^[19] в соответствии с первой из этих точек зрения, чтобы показать общие взаимоотношения изученных грибов, с добавлением еще нескольких в порядках, не представленных выше. Следует иметь в виду, что автор, представляя этот взгляд на классификацию, не обязательно придерживается его. Он основан на том, что представлено в *Pflanzenfamilien* Энглера и Прантля. Есть три класса.



Хитриды. *A*, *Harpochytrium hedenii*, паразитирующий на нитях спирогиры; *a*, растение серповидной формы; *b*, часть спорангия с вылетающими зооспорами; *c*, старое растение размножается путем образования нового спорангия на старом пустом; *d*, зооспора; *e*, два молодых растения, только начинающих расти. *B*, *Rhizophidium globosum*, паразитирующий на спирогире. Шаровидный спорангий с тонкими нитями внутри хозяина, из одной из которых выходят зооспоры. *C*, *Olpidium pendulum*, паразитирующий в клетке спирогиры. Эллиптический спорангий с тонкой выходной трубкой, через которую выходят зооспоры. *D*, *Lagenidium rabenhorstii* паразитирует в клетке спирогиры. Два тонких спорангия с выходными трубками, через которые выходит протоплазма, образуя округлую массу на конце трубки, эта протоплазма образует двустворчатые зооспоры.

I. Класс фикомицетов (водорослеподобные грибы).

1. ПОДКЛАСС ООМИЦЕТОВ.

432. Это яйцеспоровые грибы. Они включают воду, плесень (Сапролегния), к ложной мучнистой росе винограда (ложная мучнистая роса), картофеля фитофторозом (фитофторой), белая ржавчина крестоцветных растений (*Cystopus* = бельмо), с выпреванием грибки (*Pythium*), и многие паразиты *algae* известный как хитридиомицеты, как *Olpidium*, *Rhizophidium*, *Lagenidium*, *Chytridium*, и т. д.

Два следующих отряда иногда выделяют в отдельный подкласс, *архимицеты*.

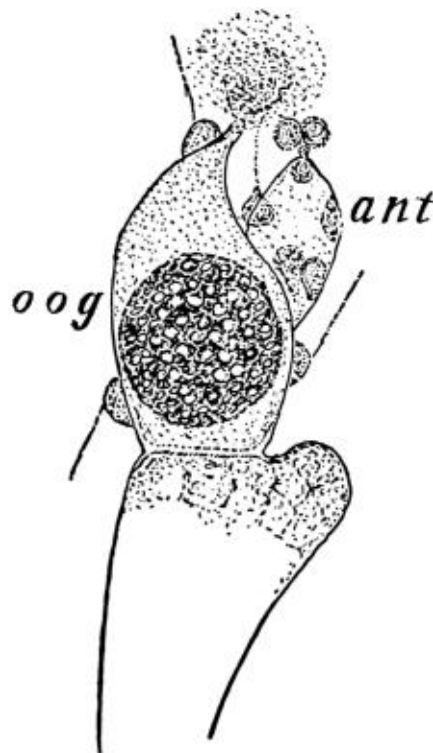


Рис. 250.

Моноблефарис незначительный Такстер. Конец гифы, несущей оогоний (*oog*) и антеридий (*ant*). Сперматозоиды, вырывающиеся из антеридия и ползущие вверх по оогонию. (После Такстера.)

433. Отряд Хитридиевые (*Chytridinae*).—К ним относятся низшие грибы. Многие из них паразитируют на водорослях и лишены мицелия, роевая спора либо с мельчайшими ризоидами, либо без них, развивается в шаровидный спорангий (ризофидий, хитридий,

ольпидий и др., [рис. 249](#)), либо роевая спора, прикрепленная к стенке хозяина, развивается в длинное мечообразное тело со стерильным основанием, которое размножается и образует новый спорангий в старом (Harpochytrium), либо с небольшим развитием мицелия в водных организмах. растения (кладохитрий). Некоторые паразитируют в листьях и стеблях наземных растений. Synchytrium decipiens очень распространен на бобовых культурах Amphicarpea monoica.

434. Отряд Анцилистные (Ancylistineae). У представителей этого отряда мицелий слабо развит, и многие из них паразитируют в водорослях (лагенидии, [рис. 249](#)).

435. Отряд Сапролегниевые (Saprolegniineae). К ним относятся водяные плесневки (Saprolegnia). См. [Главу XIX](#).

436. Отряд Моноблефаридовые (Monoblepharidineae).—Это своеобразные водные плесени, относящиеся к Saprolegniales, но образуются подвижные сперматозоиды (Monoblepharis и др., [рис. 250](#)).

437. Отряд Peronosporales (Пероноспориновые).—К ним относятся ложная мучнистая роса (Peronospora, Plasmopara, Phytophthora и др.) и белая ржавчина крестоцветных и других растений (Cystopus = Альбуго), [глава XIX](#).

2. ПОДКЛАСС ЗИГОМИЦЕТЫ.

438. Это конъюгирующие грибы.

439. Отряд слизистые (Mucorineae).—Сюда входят черная плесень и ее многочисленные родственники (Мукор, ризопус и др.). [Глава XIX](#).

440. Отряд Энтомофториновые (Entomophthorineae).—К этому отряду относятся “мухоморы” (Empusa) и их многочисленные родственники, паразитирующие на насекомых. Осенью и зимой часто находят мертвых мух, прилипших к оконным стеклам, с белым кольцом конидий вокруг каждой мухи.

II. Класс аскомицеты. (Серия ascus.)

1. ПОДКЛАСС ГЕМИАСКОМИЦЕТОВ.

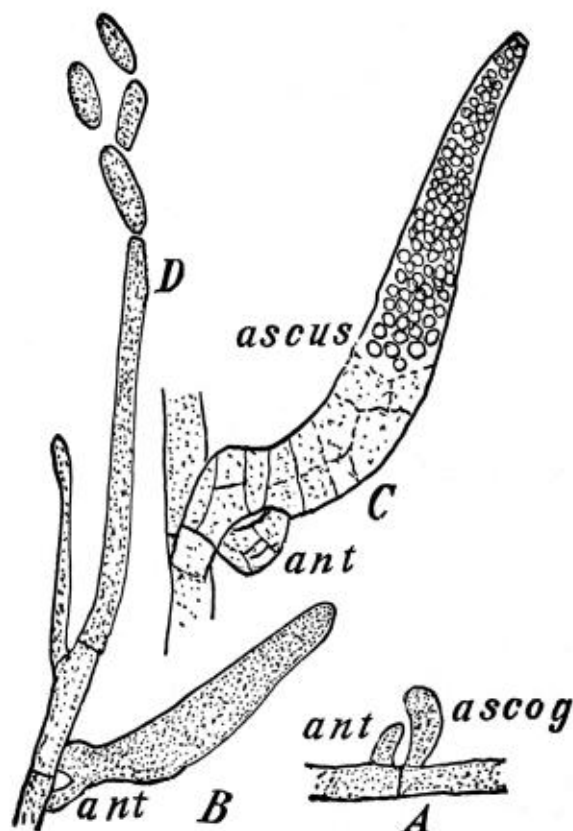


Рис. 251.

Диподаскус альбидус. А, нить с половыми органами, аскогониум и антеридий; В, оплодотворенный аскогониум, развивающий аскус; С, аскус со спорами; D, конидии. (В честь Лагерхайма.)

441. Отряд Гемияскалевых (Hemiascineae).—Грибы с хорошо развитым перегородчатым мицелием, но со спорангиеподобным аском, т.е. с большим и неопределенным количеством спор в аске. Примеры: *Protomyces macrosporus* в стеблях *Umbelliferae* или *P. polysporus* в *Ambrosia trifida*. Некоторые помещают их в *Ustilagineae*. Диподаскус альбидус растет в источающем сок бромелиевом дереве в Бразилии и в соке бука в Швеции. Аскус развивается в результате оплодотворения аскогония антеридиумом (см. [рис. 251](#)).

2. ПОДКЛАСС ПРОТОАСКОМИЦЕТОВ.

442. asci четко определены и обычно имеют ограниченное и определенное количество спор (обычно 8, иногда 1, 2, 4, 16 или более). Мицелий часто хорошо развит и рассечен перегородками. Asci рассеяны по мицелию, не объединены в определенные поля или группы.

443. Порядок протоаскалей (Protoascineae).—asci представляют собой отдельные клетки или расположены неравномерно в рыхлых переплетениях мицелия. Плодового тела нет. (В качестве примеров можно привести дрожжи, *Saccharomyces*, [см. параграф 237](#); и некоторые плесневые грибы, некоторые из которых паразитируют на грибах, такие как *Endomyces*.)

3. ПОДКЛАСС ЭУАСКОМИЦЕТОВ.

Asci, связанные на поверхностях, образующих гимениум, или группами, или перемешанные в элементах плодового тела. Плодовое тело обычно присутствует.

Следующие четыре или пять отрядов включают дискомицеты, согласно обычной классификации.

444. Отряд Протодисковые (Protodiscineæ).—Побеги обнажены и образуют большие неопределенные группы, но определенного плодового тела нет. Примеры: завиток листа персика, кармашек сливы и т.д. (Экзоаскус).

445. Отряд Гельвеллиевые (Helvellineæ).—Аски образуют большие поля над верхней частью плодового тела. К этому отряду относятся сморчки ([рис. 231a](#)), гельвеллы, земляные языки (*Geoglossum*) и др.

446. Закажите Пезизале (Pezizineæ).—Аски образуют определенное поле или поверхность для плодоношения, окруженную по бокам и снизу стенкой из грибковой ткани, образующей плодовое тело в форме чашечки. Они известны как чашечные грибы (пезиза, лакнеа и др.).

447. Отряд Фацидиевые (Phacidiineæ).—Грибы в основном сапрофитные, а плодовые тела похожи на чашевидные грибы. Примеры: Прополис в гниющей древесине, *Rhytisma*, образующая черные корочки на листьях (например, клена), *Urula craterium*, большой черный гриб в форме стакана на земле.

448. Отряд Истериичные (Hysteriineæ).— Грибы с более или менее удлинённым плодовым телом с окружающей стенкой, открывающейся длинной щелью. У некоторых форм плодовое тело имеет вид двугубчатого тела; у других оно имеет форму раковины моллюска, внутри которой находятся аски. Например, гистерографиум, распространенный на сухих, мертвых, декортицированных палочках.

449. Отряд Клубневые (Tuberineæ).—Более или менее округлые плодовые тела обычно находятся под землей. Наиболее важными грибами в этом порядке являются трюфели (Клубни). Мицелий многих видов способствует образованию микоризы на корнях дубов и т.д., а некоторые виды частично культивируются или охраняются и собираются в пищу. Особенно это касается *Tuber brumale* и его разновидностей; ежегодно во Франции и Италии продается трюфелей на сумму более миллиона франков. Собаки и свиньи используются для сбора трюфелей с земли.

450. Отряд Плектасковые (Plectascineæ).—Плодовое тело этих растений более или менее шаровидное и содержит asci, неравномерно распределенные по внутреннему мицелию. Некоторые из них обитают под землей (*Elaphomyces*), в то время как другие растут на разлагающихся растениях или определенных пищевых веществах (*Eurotium*, *Sterigmatocystis*, *Penicillium*). *Penicillium* в своей конидиальной стадии образует синюю плесень на фруктах, хлебе и т.д.

Следующие четыре отряда включают пиреномицеты в соответствии с обычной классификацией.

451. Отряд Периспориальные. Хорошими примерами этого отряда являются мучнистые росы (*Uncinula*, *Microsphaera* и др., [Глава XXI](#)).

452. Порядок лицемерных существ.^[20]—Плодовые тела бесцветные или ярко окрашенные и полностью закрывают плодоножку, иногда открываясь апикальной порой. *Nectria cinnabarina* имеет гроздь мелких оранжевых овальных плодовых тел и часто встречается на мертвых веточках. Кордицепс нескольких видов паразитирует на насекомых и на некоторых подземных аскомицетах, особенно на *Elaphomyces* (отряда *Plectascales* = *Plectascineæ*).

453. Отряд дотидиальные.^[21]—Грибы с черной стромой, образованной мицелием, в котором имеются полости, содержащие asci. Полости обычно имеют форму перитеция, но нет стенки, отличной от ткани стромы (Dothidea, Phyllachora, у трав).

454. Отряд Sphaeriales.^[22]— Они содержат так называемые черные грибы с отдельными или сгруппированными овальными плодовыми телами черного цвета. Черная стенка окружает asci и обычно открывается апикальной порой. Примеры встречаются в черных сучках сливы и вишни, черной гнили винограда, а также в Rosellinia, Nuroxylon, Xylaria и т.д. На мертвой древесине.

455. Отряд Лабульбениалес (Laboulbinea).— Это своеобразные грибы, прикрепляющиеся к ножкам и телам насекомых короткой ножкой и снабженные мешковидным плодовым телом, содержащим аски. Пример, Laboulbenia.

III. Класс базидиомицеты. (Серия базидий.)

1. ПОДКЛАСС ГЕМИБАЗИДИОМИЦЕТЫ.

456. Отряд Устилагиновые (Ustilagineae).—В этот заказ входят хорошо известные головни кукурузы, пшеницы, овса и т.д. (Устилаго, Тиллетия и т.д.).

2. ПОДКЛАСС ЭЦИДИОМИЦЕТЫ.

457. Заказ Uredinales^[23] (Uredineae).—К этому отряду относятся паразитические грибы, известные как ржавчины. Примеры: ржавчина пшеницы ([глава XX](#)), кедровое яблоко и т.д.

К истинным базидиомицетам относятся следующие отряды:

3. ПОДКЛАСС ПРОТОБАЗИДИОМИЦЕТЫ.

458. Отряд Аурикуляриевые.^[24]—В этот отряд входят дрожжащие грибы, у которых базидий длинный и разделен поперечно обычно на четыре клетки (например, ушные раковины), и подобные формы. Пилакр петерсии на сухостой представляет собой покрытокарпическую форму.

459. Отряд дрожжевых (Tremellinae), дрожжащие или студенистые грибы с шаровидным базидием, разделенным в продольном направлении на четыре клетки (Tremella).

4. ПОДКЛАСС ЭУБАЗИДИОМИЦЕТЫ.

460. Отряд Дакриомицетовые (Dacryomycetinae).—К этому отряду относятся определенные грибы студенистой или воскообразной консистенции, обычно ярких цветов. Они напоминают тремелловые, но базидии тонкие и разветвляются на две длинные стеригмы. (Например, Dacryomyces.) Gyrocephalus rufus - довольно крупное растение, 10-15 см. высотой, растет на земле в лесу.

461. Отряд Экзобазидиальные (Exobasidiinae).— Примером может служить грибок, вызывающий яблоки азалии (Exobasidium).

462. Отряд Перепончатокрылые (Hymenomycetinae).—В этом порядке базидии обычно булабовидные и неразделенные, и обычно несут четыре споры на конце (иногда две или шесть). Есть несколько семей.

463. Семейство Thelephoraceae.Плодовые тела более или менее перепончатые и располагаются по древесине или земле, или несколько напоминают листья, растущие на древесине или земле. Плодоносящая поверхность почти или совсем ровная и занимает

нижнюю сторону листовидных телец (*Stereum*, *Thelephora*) или внешнюю сторону форм, распростертых на древесине (*Corticium*, *Coniophora*).

464. Семейство Клавариевые (*Clavariaceae*).—В этот отряд входят клубнелуковицы и некоторые коралловые грибы. Большее количество видов относится к одному роду (*Clavaria*, [рис. 248](#)).

465. Семейство Водяные. Грибы этого отряда известны как грибы—ежи из-за многочисленных шиловидных зубцов или шипов, по которым распространяется поверхность плодоношения, как у *Hydnum* ([рис. 246, 247](#)).

466. Семейство Полипоровые.—Трубнообразные грибы (*Polyporus*, *Boletus* и др., [рис. 245](#)).

467. Семейство Агариковые.—Грибы, несущие жабры (*Agaricus*, *Amanita* и др., см. [Главу XXI](#)).

Вышеупомянутые пять отрядов, согласно более ранней классификации (некоторые до сих пор используются в настоящее время), составляли отряд гименомицеты, в то время как следующие пять отрядов составляли гастеромицеты. К гименомицетам, согласно этой системе, относились те растения, у которых плодоносящая часть (*hymenium*) либо обнажается с самого начала, либо если она покрыта вуалью или вельвой (как у *Agaricus*, *Amanita* и т.д.), это приводит к разрыву и обнажению плодоносящей поверхности до или во время созревания спор, в то время как к гастеромицетам относились те, у которых плодовое тело закрыто до созревания спор.

468. Отряд Фаллосы (*Phallineae*).—Грибы “Вонючий рог”, или “нос канюка”. Обычно это дурно пахнущие грибы, плодоносящая часть которых держится на толстом стебле и разлагается (*Dictyophora*, *Ithyphallus* и др.).

469. Отряд Гименогастральные (*Hymenogastriineae*).—Базидии образуют отчетливый гимениум, который не разрушается при созревании. Некоторые растения напоминают подберезовик или мухомор по способу раскрытия плодовых тел (*Secotium* и др.), в то время как другие раскрываются нерегулярно на поверхности (*Rhizopogon*) или похожи на земную звезду (*Sclerogaster*), или участки поверхности становятся желатинизированными (*Phallo-gaster*). Последний из названных видов растет на очень гнилой древесине, в то время как большинство остальных растут на земле.

470. Отряд Ликопердаловые (*Lycoperdineae*).—К ним относятся “слоеные шарики”, или “дьявольская табакерка” (Ликопердон), и земные звезды (Геастер). Базидии образуют отдельный гимениум, но при созревании вся внутренняя часть растения (за исключением определенных специфических нитей, капиллития) распадается и вместе со спорами образует порошкообразную массу.

471. Отряд нидуляриевые (*Nidulariineae*).—Они известны как грибы для птичьих гнезд. Плодовое тело в зрелом состоянии имеет чашевидную форму и содержит мелкие уплощенные круглые тельца (перидиолы), содержащие споры. Промежуточные части плодового тела распадаются и освобождают перидиолы, которые затем укладываются в чашевидное основание, как яйца в гнезде.

472. Отряд Плектобазидиальные (*Plectobasidiineae*).Базидии не образуют определенного гимения, но переплетены нитями внутри или собраны в узловидные группы. (Примеры: Калостомы, Тулостомы, Аструсы, Сфероболусы и т.д.)

472а. Лишайники.—Растительное тело лишайников ([см. параграфы 200, 201](#)) состоит из двух составных частей: одна представляет собой гриб, другая - водоросль. Плодоношение -

это плод гриба. Плодовое тело показывает, что лишайники родственны некоторым аскомицетам, другим - гименомицетам и гастеромицетам. Обычно они классифицируются как отдельный класс или отряд от грибов, но естественное расположение распределило бы их по нескольким из вышеперечисленных отрядов. Их особая связь с этими отрядами не была удовлетворительно выяснена. На данный момент они расположены следующим образом:

Асколичены.

Пиренокарпические лишайники (те, у которых плодовое тело, как у пиреномицетов).

Голосемянные лишайники (те, у которых плодовое тело, как у дискомицетов).

Гименолихены (те, у которых плодовое тело, как у гименомицетов).

Гастеролихены (те, у которых плодовое тело, как у гастеромицетов).

С вегетативной точки зрения существует два типа в зависимости от распределения элементов.

первое. Там, где грибковые и водорослевые элементы равномерно распределены по телу растения, лишайник называется *гомойомным*. Существует два их типа:

а. Нитевидные лишайники, например, *Erhebe pubescens*.

б. Студенистые лишайники, например, *Collema* (с водорослями *nostoc*), *Physma* (с *Chroococcaceae*).

2d. Там, где элементы стратифицированы, как у пармелии и т.д., лишайник называется *гетеромерным*. В них есть три типа:

а. Ракообразные лишайники, тело растения имеет форму тонкой корочки на камнях и т.д.

б. Листовидные лишайники, тело растения листовидное, лопастное и более или менее свободно прикреплено ризоидами: Пармелия, Пельтигера и др.

у плодовых лишайников тело растения нитевидное или ленточное и разветвленное, как у усней, кладонии и др.

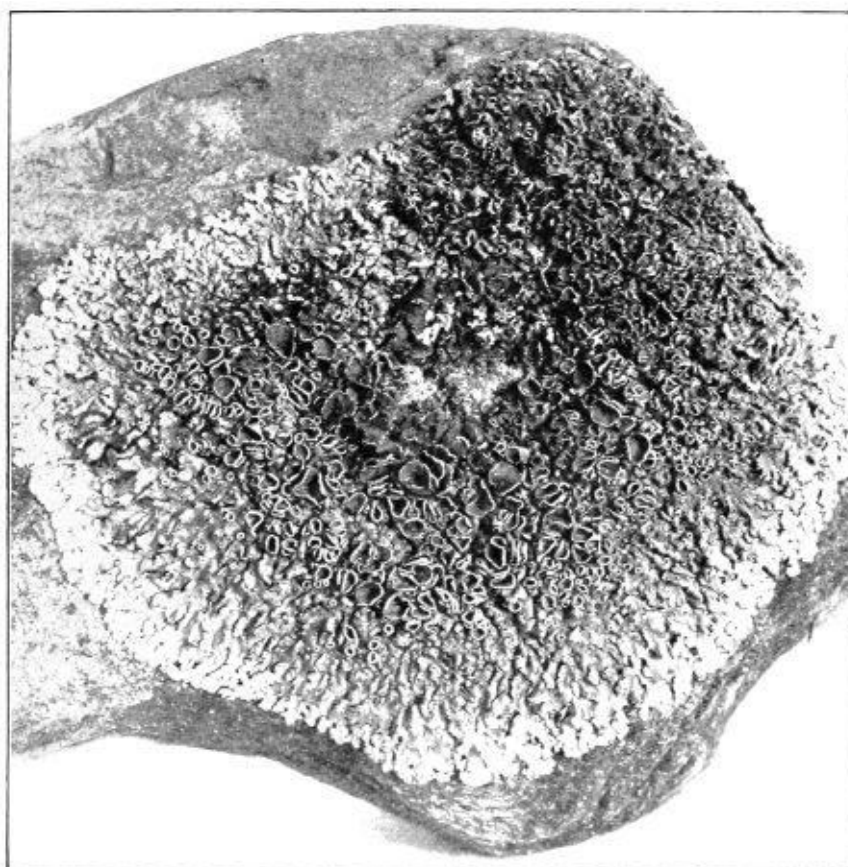


Рис. 251а.
Скальный лишайник (*Parmelia contigua*).

ГЛАВА XXIII. ПЕЧЕНОЧНИКИ (HEPATISAE).

473. Теперь мы переходим к изучению представителей другой группы растений, некоторые из которых мы рассмотрели при изучении органов ассимиляции и питания. Я имею в виду так называемых печеночников. Два из этих печеночников, принадлежащих к роду *riccia*, показаны на рис. [30](#), [252](#).

Riccia.

474. Форма плавающей риччии (*R. fluitans*). Общая форма плавающей риччии представляет собой узкий, неправильной формы, сплюснутый, лентообразный объект, который многократно разветвляется дихотомическим образом, так что на одном растении имеется несколько лепестков. Он получил свое название из-за того факта, что в определенное время года его можно встретить плавающим в воде бассейнов или озер. Когда вода спадает, он останавливается на влажной почве, и с нижней стороны развиваются ризоиды. Теперь развиваются половые органы, а позже и плодовая коробочка.

475. Форма риччии круглой формы (*R. crystallina*).—Круглая ричча показана на [рис. 252](#). Форма этого растения сильно отличается от плавающего, но способ роста во многом тот же. Ветвление более компактное и ровное, так что в результате получается круглое растение. Эта риччия обитает на илистых берегах, лежа плашмя на влажной поверхности, и добывает свою растворимую пищу с помощью маленьких корешков (ризоидов), которые растут из-под поверхности.

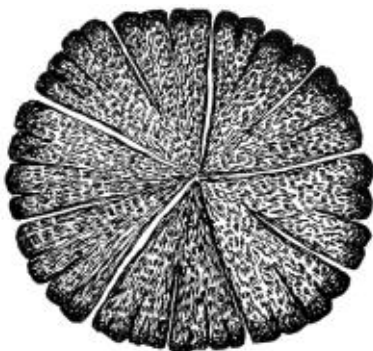


Рис. 252.
Слоевище *Riccia crystallina*.

Тут и там по краю имеются узкие щели, которые простираются почти до центральной точки. Однако это не настоящие щели, поскольку они образовались там по мере роста растения. Каждая из этих V-образных частей слоевища представляет собой лопасть, и они образовались в молодом состоянии растения путем разветвления. Поскольку рост происходил во всех направлениях радиально, растение приобрело круглую форму. Эти большие доли, которые мы видим, разветвляются один или два раза, о чем свидетельствуют кажущиеся более короткими прорези по краям.

476. Половые органы.—Чтобы изучить половые органы, мы должны сделать тонкие срезы через одну из этих долей вдоль и перпендикулярно поверхности слоевища. Эти срезы монтируются для изучения под микроскопом.

477. Архегония.—Мы склонны находить органы на разных стадиях развития, но мы выберем для изучения одну из колбообразных структур, показанных на [рис. 253](#). Это

колбообразное тело, которое мы видим, полностью погружено в ткань слоевища. Эта структура является женским органом и представляет собой то, что мы называем у этих растений *архегониумом*. Это более сложная структура, чем оогоний. Нижняя часть увеличена и выпячена наружу и является жерлом архегония, в то время как узкая часть является шейкой. Здесь мы видим это в разрезе. Стенка имеет толщину в один клеточный слой. В шейке находится канал, а в основании желудочка мы видим крупную округлую клетку с отчетливым и крупным ядром. Эта клетка - *яйцеклетка*.

478. Антеридии.—Антеридии также находятся в полостях, утопленных в ткани слоевища. Здесь нет иллюстрации антеридиума этой риччии, но [рис. 259](#) представляет собой антеридиум другого печеночника, и между этими двумя видами нет большой разницы. Каждая из этих маленьких прямоугольных материнских клеток сперматозоида в антеридии превращается в быстро движущееся тело, похожее на маленькую дубинку с двумя длинными плетками, прикрепленными к меньшему концу. При сильном сжатии этих органов сперматозоид перемещается через воду, или влагу, которая находится на поверхности слоевища. Он проходит через канал шейки архегония в яйцеклетку, где сливается с ядром яйцеклетки, и таким образом происходит оплодотворение.

479. Эмбрион.— У растений, которые мы до сих пор отбирали для изучения, яйцеклетка, как мы помним, сразу после оплодотворения переходила в состояние покоя и была окружена толстой защитной стенкой. Но у риччии и у других растений той группы, которую мы сейчас изучаем, это не так. Яйцеклетка, с другой стороны, после приобретения тонкой стенки набухает и заполняет полость желудка. Затем она разделяется поперечной стенкой на две ячейки. Эти две клетки растут и снова делятся, и так далее, пока не образуется довольно большая масса клеток округлой формы, которые все еще содержатся в вентере архегония, который сам увеличивается в размерах за счет роста клеток стенки.

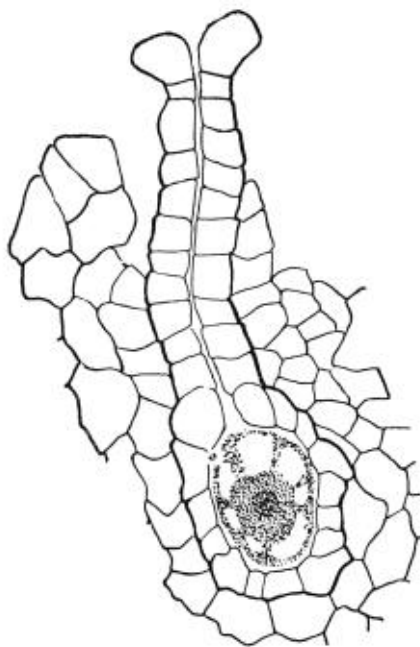


Рис. 253.

Архегониум риччии, показывающий шейку, брюшко и яйцеклетку; архегониум частично окружен тканью слоевища. (*Riccia crystallina*.)

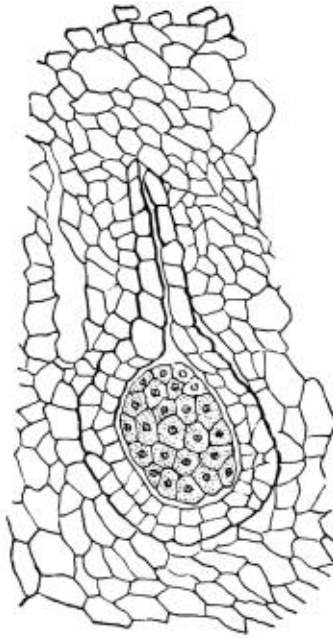


Рис. 254.

Молодой зародыш (спорогоний) риччии в вентральной части архегония; у последнего теперь два слоя клеток. (Риччия кристаллическая.)

480. Спорогоний риччии. Плод риччии, который развивается из оплодотворенной яйцеклетки в архегонии, образует округлую капсулу, все еще заключенную в сердцевине архегония, которая также разрастается, чтобы освободить для нее место. Следовательно, на разрезе растения в это время, как описано при изучении архегониума, должна быть видна эта капсула. В таком случае капсула представляет собой округлую массу клеток, развившихся из яйцеклетки. Единственный внешний слой клеток образует стенку и, следовательно, стерилен. Все внутренние клетки, которые богаты протоплазмой, делятся на четыре клетки каждая. Каждая из этих клеток превращается в спору с толстой стенкой и имеет форму треугольной пирамиды, стороны которой имеют ту же протяженность, что и основание (четырехгранная). Эти клетки, сформированные по четыре, являются *спорами*. В это время стенка споровой коробочки растворяется, споры отделяются друг от друга и заполняют теперь увеличенное жерло архегония. Когда слоевище отмирает, они высвобождаются или ускользают между неплотно расположенными клетками верхней поверхности.

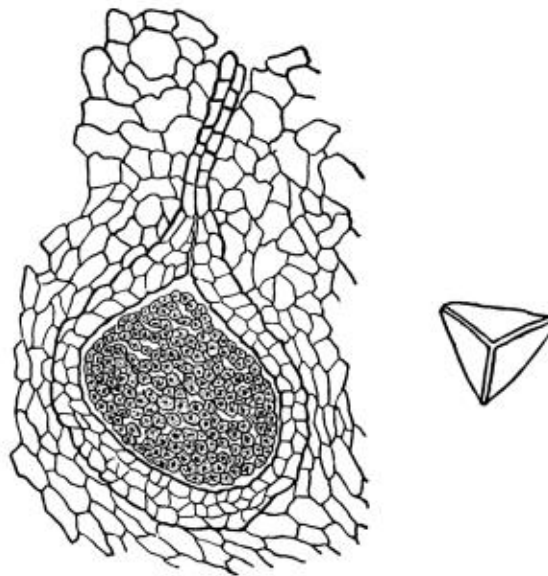


Рис. 255.

Почти зрелый спорогоний *Riccia crystallina*; зрелая спора справа.

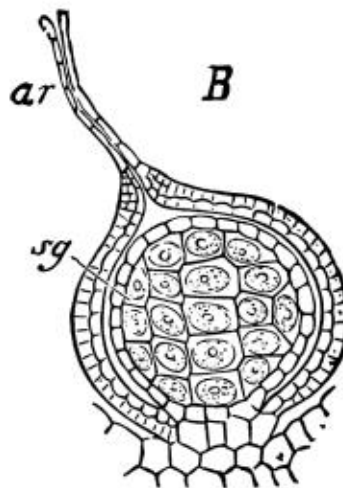


Рис. 256.

Riccia glauca; архегониум, содержащий почти зрелый спорогоний. *sg*, спорообразующие клетки, окруженные одним слоем стерильных клеток, стенка спорогония.

481. Новая фаза в жизни растений.—Таким образом, мы имеем здесь, в спорогонии *риччии*, очень интересную фазу жизни растения, в которой яйцеклетка после оплодотворения, вместо того, чтобы развиваться непосредственно в ту же фазу растения, на которой она сформировалась, переходит в совершенно новую фазу, единственной функцией которой является развитие спор. Поскольку форма растения, на котором развиваются половые органы, называется *гаметофитом*, эта новая фаза, на которой развиваются споры, называется *спорофитом*.

Теперь споры, когда они прорастают, снова развивают *гаметофит*, или слоевище. Итак, мы имеем очень интересное положение вещей: слоевище (гаметофит) несет в себе половые органы и неоплодотворенную яйцеклетку. Оплодотворенная яйцеклетка, начиная с

одноклеточной стадии, развивает спорогоний (спорофит). Здесь споры снова достигают одноклеточной стадии, из которой теперь развивается слоевище.

482. Риччия в сравнении с *coleochaete*, *ædogonium* и др.— Мы уже говорили, что в спорогонии риччии мы сформировали новую фазу в жизни растения. Если мы вернемся к нашему изучению *coleochaete*, мы можем увидеть, что здесь, возможно, существует положение вещей, которое предвосхищает, как мы говорим, эту новую фазу, которая так хорошо сформировалась в *riccia*. Мы помним, что после того, как оплодотворенная яйцеклетка прошла период покоя, в ней образовалась небольшая округлая масса клеток, каждая из которых теперь образует зооспору. Зооспора, в свою очередь, снова развивает нормальный слоевище (гаметофит) колеохиты. Таким образом, в *coleochaete* мы имеем две фазы растения, каждая из которых берет свое начало в одноклеточной стадии. Затем, если мы вернемся к *ædogonium*, мы вспомним, что оплодотворенная яйцеклетка, прежде чем снова развиться в растение *ædogonium* (которое является гаметофитом), сначала делится на *четыре* клетки, которые становятся зооспорами. Затем из них вырастает растение *ædogonium*.

Примечание. Не следует придавать слишком большого значения этой кажущейся гомологии спорофитов *ædogonium*, *coleochete* и *riccia*, поскольку ядерные явления при образовании зооспор *ædogonium* и *coleochete* неизвестны. Однако они образуют очень наводящий на размышления ряд.

Марчантия.

483. Марчанция (*M. polymorpha*) была выбрана для исследования потому, что это такое распространенное и легко добываемое растение, а также по той причине, что сравнительно легко можно получить все стадии развития. Это также очень хорошо иллюстрирует некоторые особенности строения печеночников.

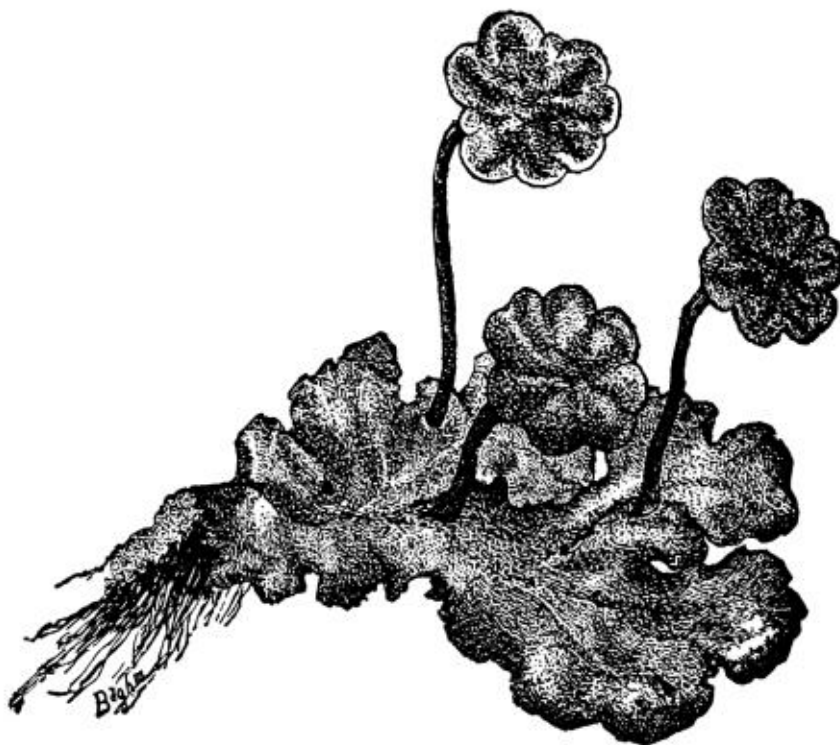


Рис. 257.

Мужское растение марчанции с антеридиеносцами.

Растения бывают двух видов, мужские и женские. Таким образом, у разных растений развиваются два разных органа. По внешнему виду, однако, до начала структур, несущих половые органы, они практически одинаковы. Слоевище уплощенное, как почти все таллоидные формы, и разветвляется раздвоенным образом. Цвет темно-зеленый, а по средней линии слоевища текстура отличается от текстуры краев, так что у него есть то, что мы называем средней жилкой, как показано на фиг. [257](#), [261](#). Точка роста слоевища расположена в небольшом углублении на свободном конце. Если мы исследуем верхнюю поверхность с помощью ручной линзы, мы видим ромбовидные участки, и в центре каждого из этих участков находятся отверстия, известные как устьица.

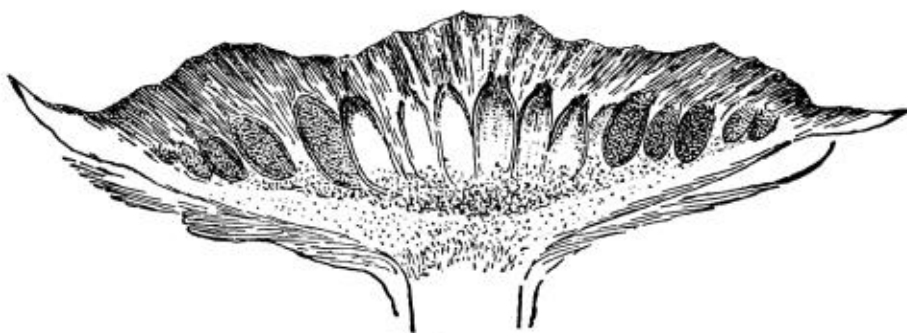


Рис. 258.

Срез антеридиального сосуда с мужского растения *Marchantia polymorpha*, показывающий полости, в которых находятся антеридии.

484. Антеридиальные растения.—Одно из мужских растений указано под номером 257. Он имеет любопытные структуры, каждая из которых держится наверху на коротком стебле. Это антеридиальные сосуды (или мужские гаметофоры). Каждый из них круглый, толстый и по форме напоминает двояковыпуклую линзу. Верхняя поверхность отмечена расходящимися бороздками, а край зубчатый. Затем, при тщательном изучении верхней поверхности, мы замечаем множество мелких отверстий. Если мы сделаем тонкий срез этой конструкции перпендикулярным ее поверхности, мы сможем разгадать тайну ее внутреннего устройства. Здесь мы видим, как показано на [рис. 258](#), что каждое из этих маленьких отверстий на поверхности является входом в довольно большую полость. Внутри каждой полости находится овальное или эллиптическое тело, опирающееся от основания полости на короткую ножку. Это антеридиум, и один из них показан еще более увеличенным на [рис. 259](#). Это показывает структуру антеридия и то, что внутри него есть несколько угловых областей, которые разделены многочисленными прямыми поперечными линиями на бесчисленные крошечные кубовидные клетки, *материнские клетки сперматозоидов*. Каждый из них, как говорилось в предыдущей главе, превращается в быстро движущееся тело, напоминающее змею с двумя длинными ресницами, прикрепленными к ее хвосту.

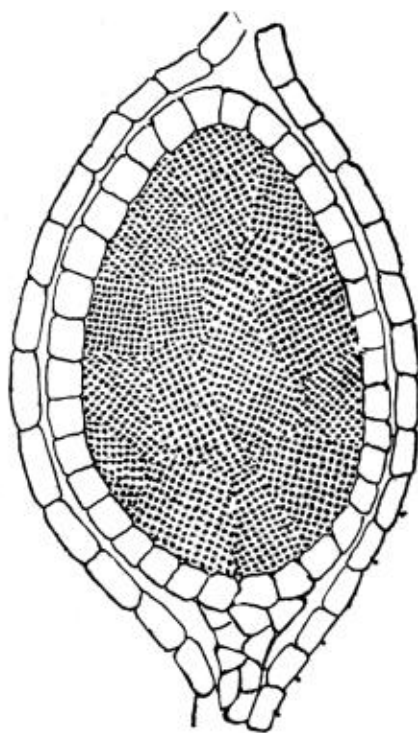


Рис. 259.

Разрез антеридия маршанции, показывающий группы материнских клеток сперматозоидов.



Рис. 260.

Сперматозоиды маршанции, разматывающиеся и один вытянутый, демонстрирующий две реснички.

485. Очень любопытен способ, которым одна из этих материнских клеток сперматозоида превращается в этот сперматозоид. Сначала мы отмечаем, что внутри тонкой стенки ячейки появляется свернутое спиралью тело, один конец которого больше другого. Другой конец заканчивается тонким волосоподобным выростом с нежным пузырьком, прикрепленным к его свободному концу. Этот пузырь становится все более и более вытянутым, пока, наконец, не разрывается и не образует две длинные реснички, которые загибаются на свободных концах, как показано на [рис. 260](#).



Рис. 261.

Marchantia polymorpha, женские растения, несущие архегониофоры.



Рис. 262.

Marchantia polymorpha, показывающий происхождение гаметофора.

486. Архегонические растения.—На [рис. 261](#) мы видим одно из женских растений марчанции. Здесь также есть очень любопытные сооружения, напоминающие миниатюрные зонтики. Общий план архегонического вместилища (или женского гаметофора), поскольку именно таковы эти структуры, аналогичен плану антеридиального вместилища, но лучи более выражены, и детали строения совершенно другие, как мы увидим. Под подлокотниками ниспадают изящные занавески с бахромой. Если мы сделаем надрезы в том же направлении, что и над антеридиальным сосудом, мы сможем найти то, что выделяется за этими занавесками. Такой разрез показан на рис. 266. Здесь мы находим архегонии, но вместо того, чтобы погружаться в полости, их основания прикреплены к нижней

поверхности, а нежная, свисающая бахрома защищает их от высыхания. Архегониум, который мы видим у *marchantia*, по существу не отличается от того, что есть у *giccia*, и будет интересно узнать, существенно ли отличается спорогониум от того, что мы находим у *giccia*.

487. Гомология гаметофора *marchantia*.—Чтобы увидеть отношение гаметофора к слоевищу маршантии, возьмите части слоевища, несущие женское вместилище. С нижней стороны обратите внимание, что выступающая средняя жилка продолжается за тонкими боковыми выступами и выгибается вверх в пазухе или выемке на конце или с той стороны, за пределы которой продолжает расти ветвь слоевища. Ножка гаметофора, таким образом, является продолжением средней жилки слоевища. На ее вершине организовано несколько точек радиального роста, из которых развивается пальцевидное или лучеобразное вместилище. Таким образом, гаметофор является специализированной ветвью слоевища. В молодом возрасте или, во многих случаях, когда он почти или совсем взрослый, гаметофор, если посмотреть на верхнюю поверхность слоевища, кажется, что он возникает из верхней поверхности, как показано на [рис. 261](#). Это происходит потому, что тонкие боковые расширения слоевища выступают вперед и перекрываются перед ножкой. Иногда бывает необходимо раздвинуть эти перекрывающиеся края, чтобы увидеть истинное происхождение гаметофора. Но у довольно старых растений эти расширенные части расположены дальше друг от друга и ясно показывают, что стебель поднимается из средней жилки снизу и выгибается вверх в пазухе, как на [рис. 262](#).

ГЛАВА XXIV. ПРОДОЛЖЕНИЕ О ПЕЧЕНОЧНИКАХ.

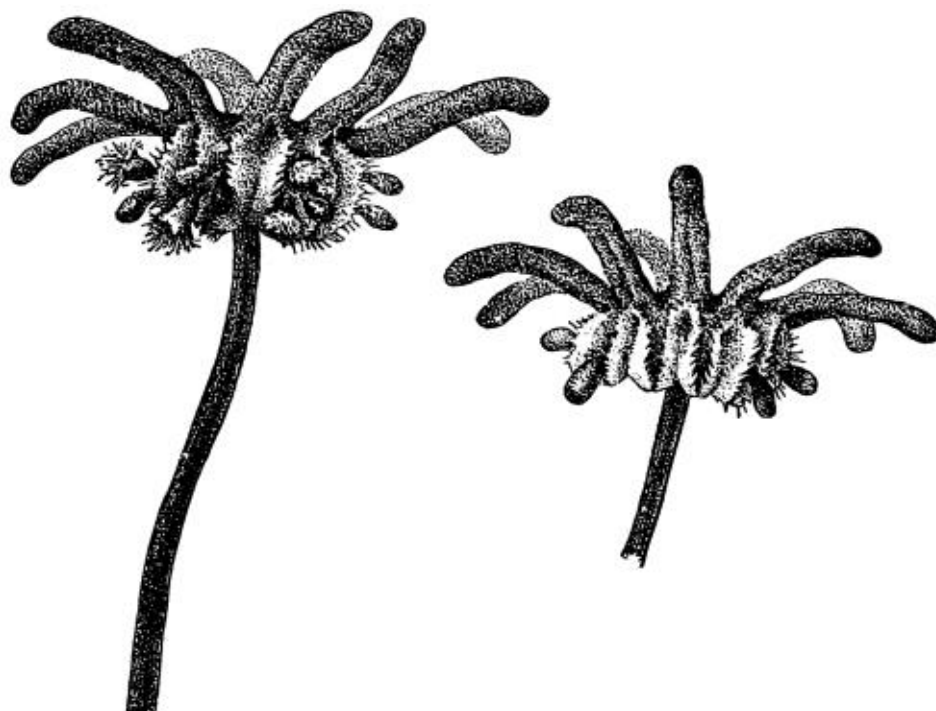


Рис. 263.

Архегониальные сосуды марчанции со спелыми спорогониями. Капсула спорогониима выступает наружу, в то время как стебель прикреплен к гнезду под занавеской. На рисунке слева две капсулы лопнули, и выделения и споры выходят наружу.

488. Спорогоний мархантийский.—Если мы рассмотрим растение, показанное на [рис. 181](#), мы увидим овальные тела, которые выделяются между лучами женского цветоноса и держатся на коротких стеблях. Это спорогонии, или спороножницы. Мы сразу заключаем, что они сильно отличаются от тех, которые мы изучали у риччии, поскольку у них не было черешек. Мы видим, что некоторые коробочки со спорами раскрылись, стенка разделяется от вершины на несколько линий. Это вызвано высыханием стенки. Эти зубовидные участки стенки теперь загибаются назад, и мы можем видеть, как желтоватая масса спор в медленном движении падает то тут, то там. Создается также впечатление, что там были извивающиеся нити, которые помогали спорам освободиться от капсулы.

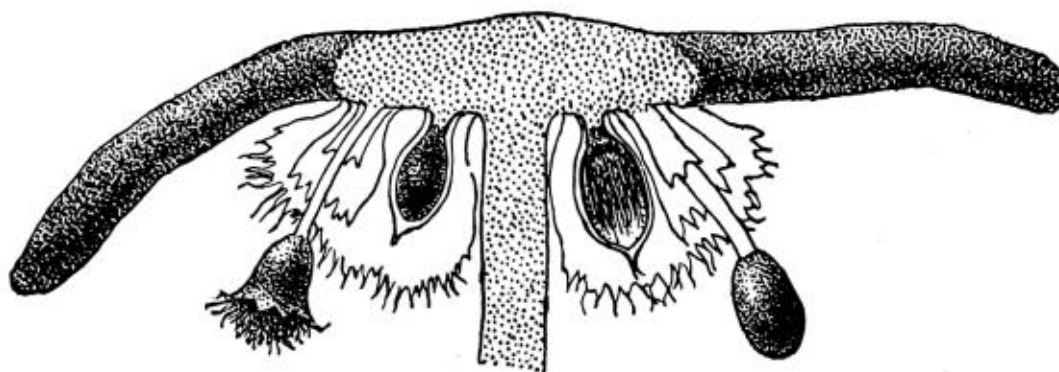


Рис. 264.

Секция архегонического цветоноса *Marchantia polymorpha*; зрелые спорогонии. Один открыт, разбрасывая споры и испарения; два все еще заключены в стенку архегониума. Место соединения стебля спорогония с цветоложем является точкой прикрепления спорофита маршантии к гаметофиту.

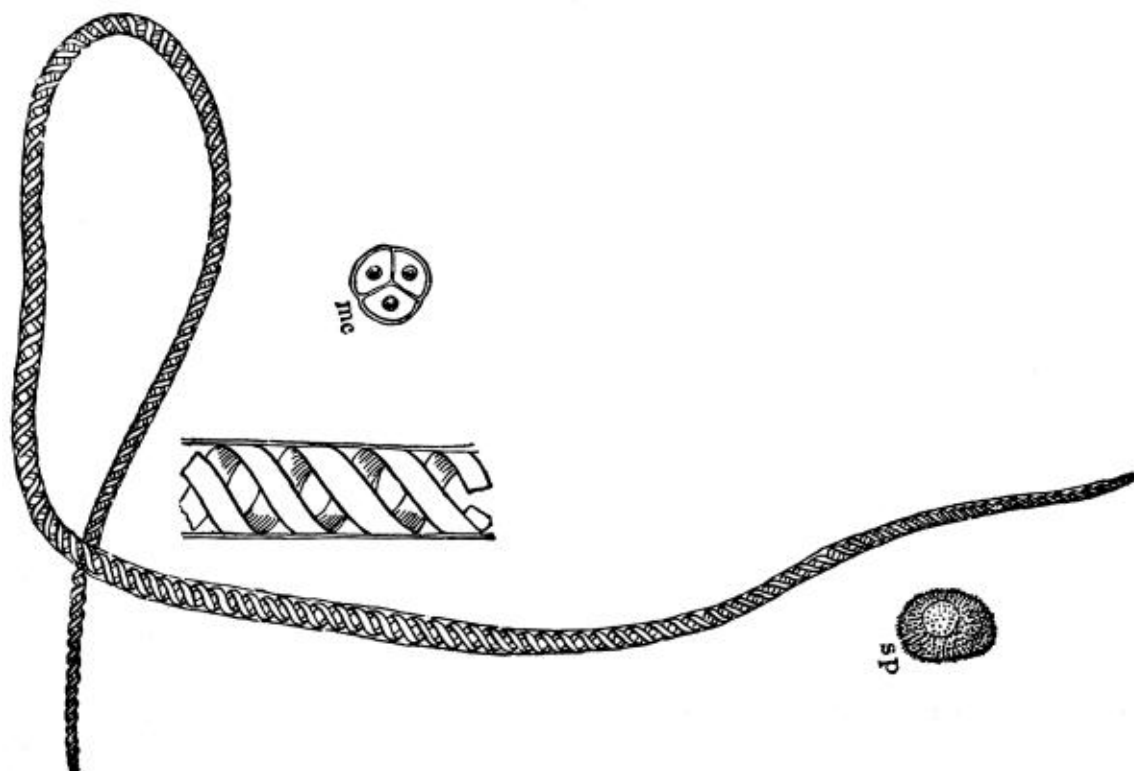


Рис. 265.

Элатер и споры маршанции. *sp*, споры; *mc*, материнская ячейка спор, на которой видны частично сформировавшиеся споры.

489. Споры и выделяющиеся частицы.—Если мы возьмем немного этой массы спор и поместим ее в воду для изучения под микроскопом, мы увидим, что, помимо спор, там есть очень своеобразные нитевидные тела, отметины на которых напоминают скрученную веревку. Это очень длинные клетки из внутренней части споровой коробочки, и их стенки отмечены спиральными утолщениями. Это приводит к тому, что при высыхании, а также при впитывании влаги они скручиваются всевозможными способами. Таким образом, они помогают выталкивать споры из капсулы по мере ее высыхания.

490. Спорофит маршанции в сравнении с риччией.—Мы должны помнить, что спорогоний у *marchantia* крупнее, чем у *riccia*, и что он также не залегает в ткани слоевища, а только прикреплен к нему с одной стороны тонкой ножкой. Это показывает нам увеличение размеров и сложную структуру этой новой фазы растения, *спорофита*. Это одна из очень интересных вещей, которую мы должны отметить, продолжая изучать высшие растения.

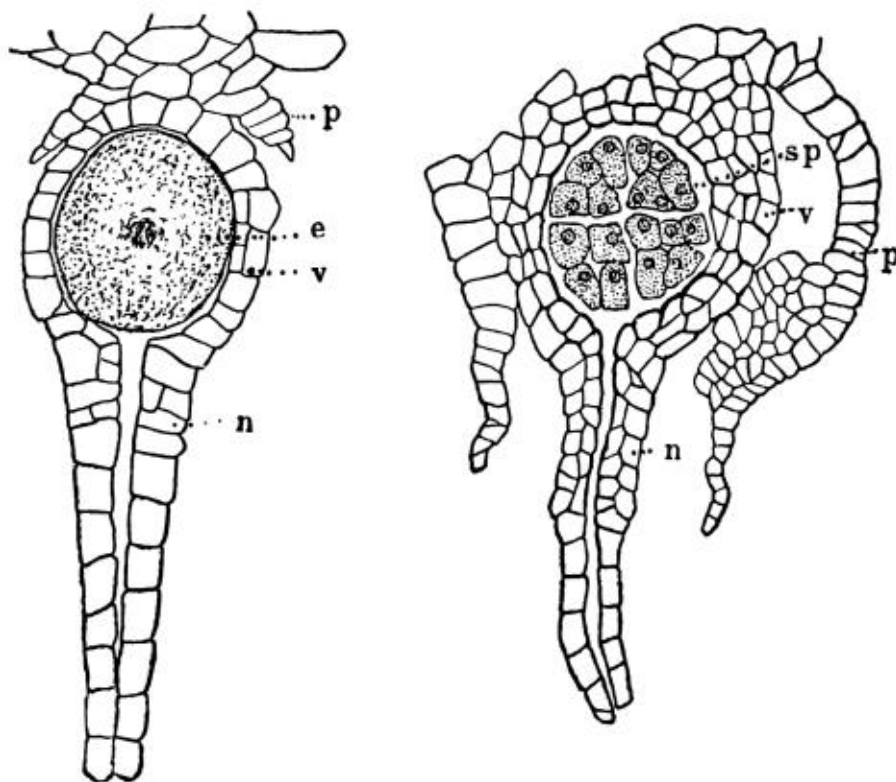


Рис. 266.

Marchantia polymorpha, архегоний слева с яйцом; архегоний справа с молодым спорогонием; *p*, занавес, который свисает вокруг архегония; *e*, яйцо; *v*, венчик архегония; *n*, шейка архегония; *sp*, молодой спорогоний.

491. Питание спорофита зависит от гаметофита. Таким образом, мы видим, что ни в один момент развития спорогония он не является независимым от гаметофита. Таким образом, эта новая фаза растений, спорофит, еще не стала самостоятельным растением, но должна полагаться на более раннюю фазу для поддержания жизнедеятельности.

492. Развитие спорогония.—Будет интересно вкратце отметить, чем развитие *marchantia sporogonium* отличается от развития *riccia*. Первое деление оплодотворенной яйцеклетки происходит так же, как у риччии, то есть стенка, проходящая поперек оси архегония, делит его на две клетки. У марканции клетка у основания развивает ножку, так что здесь есть радикальное отличие. Внешняя клетка образует капсулу. Но здесь после формирования стенки не вся внутренняя ткань идет на образование спор, как в случае с риччией. Но часть ее образует надкрылья. В то время как у *riccia* стерильным оставался только внешний слой клеток спорогония, у *marchantia* базальная половина яйцеклетки остается полностью стерильной и развивает ножку, а во внешней половине часть, которая формируется из части внутренней ткани, также стерильна.

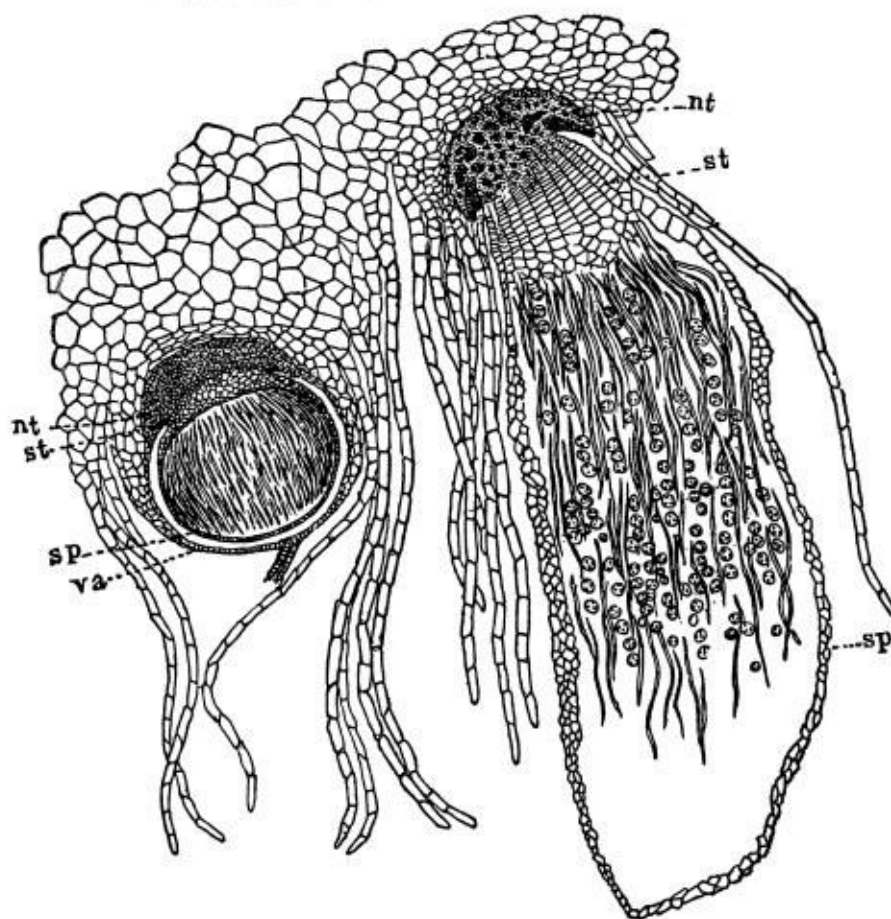


Рис. 267.

Часть развивающегося спорогония *marchantia*; *nt*, питательная ткань гаметофита; *st*, стерильная ткань спорофита; *sp*, фертильная часть спорофита; *va*, увеличенное жерло архегония.

493. Эмбрион.—В развитии эмбриона мы можем видеть всю линию разделения между базальной половиной, которая полностью стерильна, и внешней половиной, которая является фертильной частью. На [рис. 267](#) мы видим молодой эмбрион, и в сечении он почти круглый, хотя и состоит из множества клеток. Прикорневая половина прикреплена к основанию внутренней поверхности архегония, и в это время архегоний все еще окружает ее. Архегониум продолжает расти по мере роста эмбриона, и мы можем видеть остатки сморщенной шейки. Часть зародыша, прикрепленная к основанию архегония, является стерильной и называется “ножкой”, из которой позже развивается стебель. Спорогоний на всех стадиях своего развития получает питание от гаметофита в этой точке прикрепления у основания архегония. Вскоре, как показано на [рис. 267](#) справа, внешняя часть спорогония начинает дифференцироваться на клетки, образующие надкрылья, и те, которые образуют споры. Они лежат в виде расходящихся линий бок о бок и образуют то, что называется *археспорием*. Каждая фертильная клетка образует четыре споры, как у риччии. Поэтому их называют материнскими клетками спор, или материнскими клетками спор.

494. Как размножается марчантия.—Новые растения марчантии образуются в результате прорастания спор и прирастания их к слоевищу. Растения также могут размножаться за счет частей старых, отламывающихся под действием сильных потоков воды, и, когда они поселяются в подходящих местах, вырастают в хорошо сформированные растения. Поскольку слоевище живет из года в год и продолжает расти и ветвиться, более

старые части отмирают, и, таким образом, из бывшего единственного растения могут образоваться отдельные.

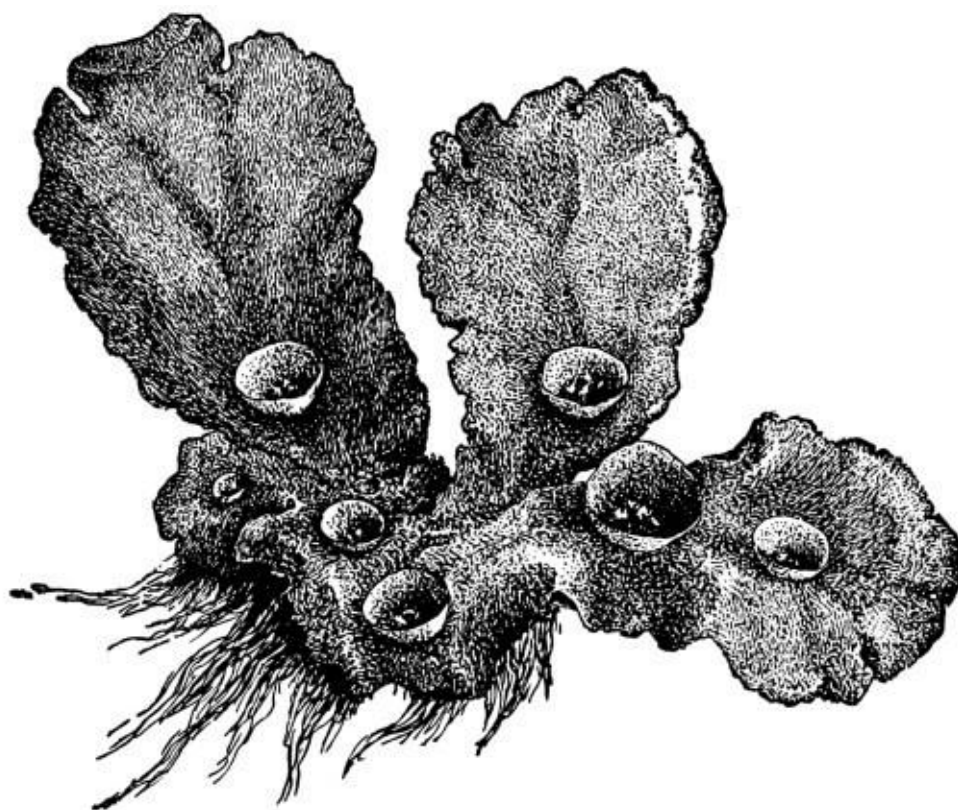


Рис. 268.

Марчанция - растение с чашелистиками и геммами; снизу - ризоиды.

495. Почки, или геммы, марчанции.—Но есть и другой способ размножения марчанции. Если мы рассмотрим верхнюю поверхность такого растения, как показано на [рис. 268](#), мы увидим, что на ней имеются крошечные сосуды чашеобразной или блюдцевидной формы, а внутри них - крошечные зеленые тельца. Если мы рассмотрим несколько из этих мельчайших телец под микроскопом, то увидим, что они уплощенные, двояковыпуклые, а в двух противоположных точках по краю имеется углубление, подобное тому, которое появляется на растущем конце старого слоевища *marchantia*. Это точки роста этих маленьких бутонов. Когда они освобождаются от чашечек, они ложатся набок. Не имеет значения, на какой стороне они лежат, ибо какая бы это ни была сторона, она разовьется в нижнюю сторону слоевища и образует ризоиды, в то время как на верхней поверхности разовьются устьяца.

Печеночники со стеблевыми листьями.

496. Теперь нам следует более тщательно, чем мы делали ранее, изучить несколько печеночников с листовыми стеблями (называемых листовидными печеночниками).

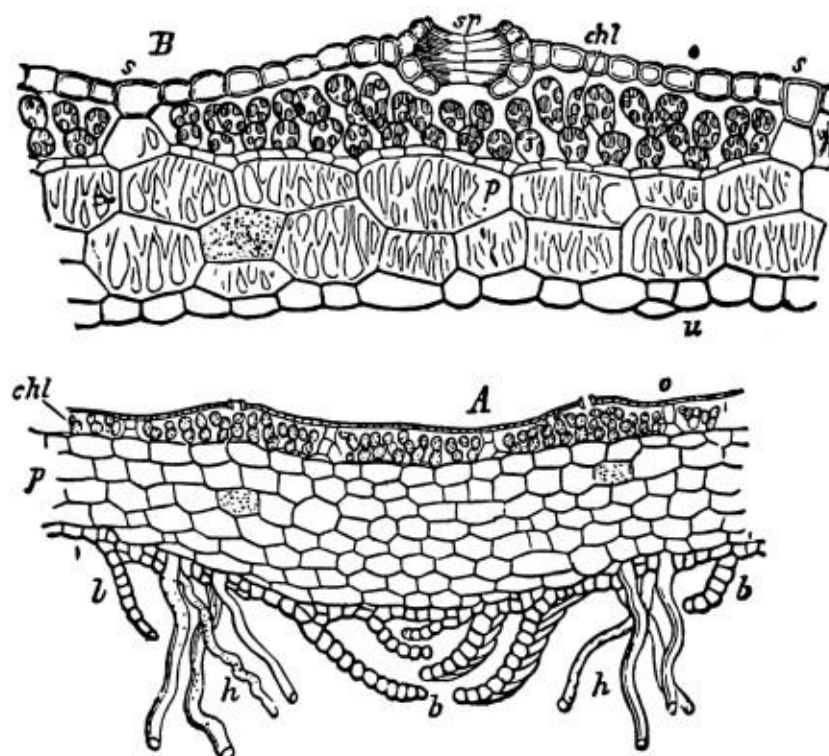


Рис. 269.

Срез слоевища марчантии. *A*, через среднюю часть; *B*, через краевую часть; *p*, бесцветный слой; *chl*, слой хлорофилла; *st*, устьица; *h*, ризоиды; *b*, листовидные выросты на нижней стороне (Goebel).

497. Фруллания (рис. 32).—Это растение растет на коре бревен, а также на коре стоящих деревьев. Оно живет в довольно сухих условиях. Если мы изучим листья, то увидим, как оно способно на это. Мы отмечаем, что есть два ряда боковых листьев, которые расположены очень близко друг к другу, настолько близко, что они накладываются друг на друга, как черепица на крыше. Затем, поскольку ползучие стебли прилегают очень близко к коре дерева, эти накладываются друг на друга листья, которые также плотно прилегают к стеблю и коре, служат для удержания влаги, которая стекает по коре во время дождей. Если мы рассмотрим эти листья с нижней стороны, как показано на рис. 34, мы увидим, что нижняя или прикорневая часть каждого из них образует своеобразную лопасть, более или менее чашевидную. Это улавливает воду и удерживает ее в сухую погоду, а также удерживает влагу, которую растение поглощает ночью и во влажные дни. В этих маленьких карманчиках на нижней стороне листа так много влаги, что мелкие животные нашли им хорошие места для обитания, и их часто можно обнаружить в этом убежище. Здесь также имеется третий ряд слабо развитых листьев на нижней стороне стебля.

498. Порелла.— В подобных ситуациях растет растение, известное как порелла. Иногда в группе бывает несколько растений, а в других случаях на коре ствола образуются большие маты. У этого растения, *porella*, также есть плотно перекрывающиеся листья рядами на противоположных сторонах стебля, а нижний край каждого листа несколько изогнут, как у *frullania*, хотя карман сформирован не так хорошо.

Более крупные растения являются женскими, то есть несут архегонии, в то время как мужские растения, те, которые несут антеридии, меньше, и антеридии растут на небольших боковых ветвях. Антеридии гнездятся в пазухах листьев. Другие печеночники с облиственными стеблями живут во влажных условиях. Некоторые из них, такие как *цефалозия*, растут на влажных гнилых бревнах. *Цефалозия* гораздо нежнее, а листья

расположены дальше друг от друга. Он не мог бы жить в таких засушливых условиях, где иногда встречается фруллания. По возможности следует сравнить два растения, чтобы увидеть адаптацию структуры и формы к окружающей среде.

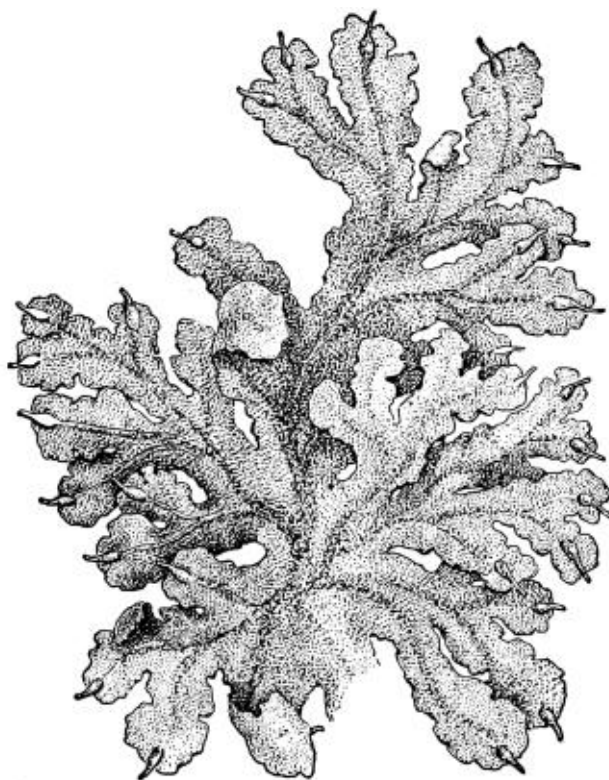


Рис. 270.

Слоевище печеночника таллоидного (*blasia*) с лопастным краем листа, промежуточное между таллоидным и листовидным растением.

499. Спорогоний листовидной печеночницы.—Спорогоний печеночников со стеблевыми листьями хорошо представлен спорогониями нескольких родов. Мы можем взять для этого исследования тот, что показан на [рис. 274](#), но и другой послужит этой цели не хуже. Отметим здесь, что он состоит из округлой коробочки, расположенной наверху на длинной ножке, причем ножка пропорционально намного длиннее, чем у *marchantia*. При созревании капсула распадается на четыре сектора, стенка образует четыре клапана, которые раздвигаются из-за неравномерного высыхания клеток, так что споры высвобождаются, как показано на [рис. 276](#). Некоторые клетки внутри капсулы также развивают здесь возбудители, а также споры. Они проиллюстрированы на [рис. 278](#).

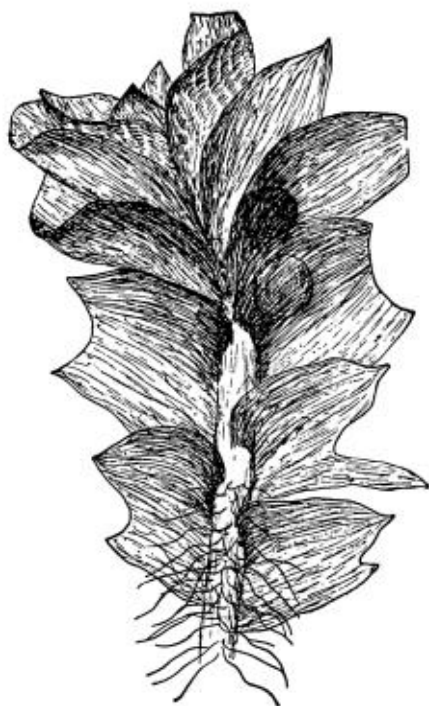


Рис. 271.

Печеночник листовидный, мужское растение с антеридиями в пазухах листьев (a *jungermannia*).

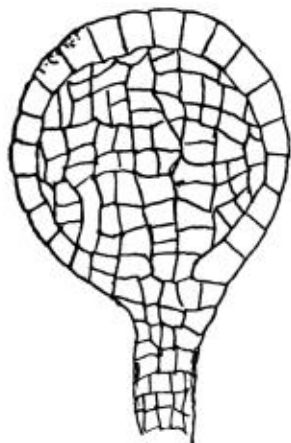


Рис. 272.

Антеридий листовидной печеночницы (*jungermannia*).



Рис. 273.

Печеночница листовидная, женское растение с ризоидами.

500. У этого растения мы видим, что спорофит остается прикрепленным к гаметофиту и, таким образом, зависит от него в плане питания. Это верно для всех растений этой группы. Спорофит никогда не становится способным к независимому существованию, и все же мы видим, что он становится крупнее и более высокодифференцирован, чем у простой риччии.



Рис. 274.

Плодоносящее растение печеночника листоватого (*jungermannia*). Листовая часть - гаметофит; стебель и коробочка - спорофит (спорогоний у мохообразных).



Рис. 275.

Вскрывающаяся капсула, показывающая выход спор и соцветий.



Рис. 276.

Коробочка раздвоена до плодоножки.



Рис. 277.

Четыре споры из материнской клетки, собранные в группу.

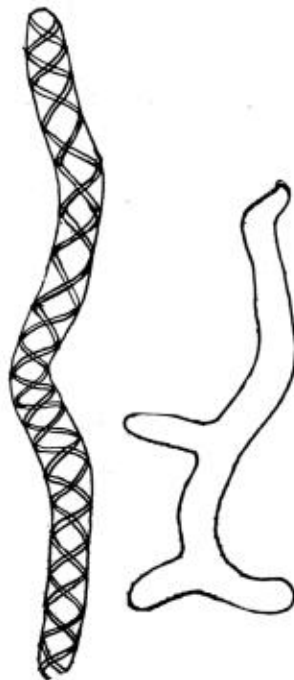


Рис. 278.

Подъемники, слева показаны две спиральные метки, справа - разветвленный подъемник.

Рис. 275-278.—Спорогоний печеночника (*Jungermannia*) раскрывается путем расщепления на четыре части, показаны детали выростов и спор.

Рогатые печеночники.^[25]

501. Рогатые печеночники получили свое название из-за формы спорогония. Это длинный, тонкий, цилиндрический, заостренный и очень слегка изогнутый рог, напоминающий форму небольшого рога. Антоцерос - один из наиболее распространенных видов. Растение растет на влажной почве или на иле.

Антоцерос.

502. Гаметофит.—Гаметофит таллоидный. Он тонкий, приплюснутый, зеленый, неправильной лентовидной формы и разветвленный. Он лежит на почве и более или менее хрустящий, или волнистый, или скрученный, края почти плоские или несколько неправильные, с мелкими долями или зазубринами, особенно у растущего конца. Общую форму и разветвление можно увидеть на [рис. 279](#). Там, где растения сильно скучены, слоевище более неправильной формы и часто имеет множество мелких боковых ответвлений в дополнение к основным долям. На нижней стороне расположены тонкие

ризиды, которые прикрепляются к почве. С помощью ручной линзы можно увидеть также на нижней стороне маленькие темные, округлые и утолщенные пятна, где расположена водоросль (nostoc).

Половые органы антоцеросов.

502. Половые органы антоцеросов значительно отличаются от таковых у других изученных печеночников. Во-первых, они погружены в истинную ткань слоевища, т.е. не выступают над поверхностью.

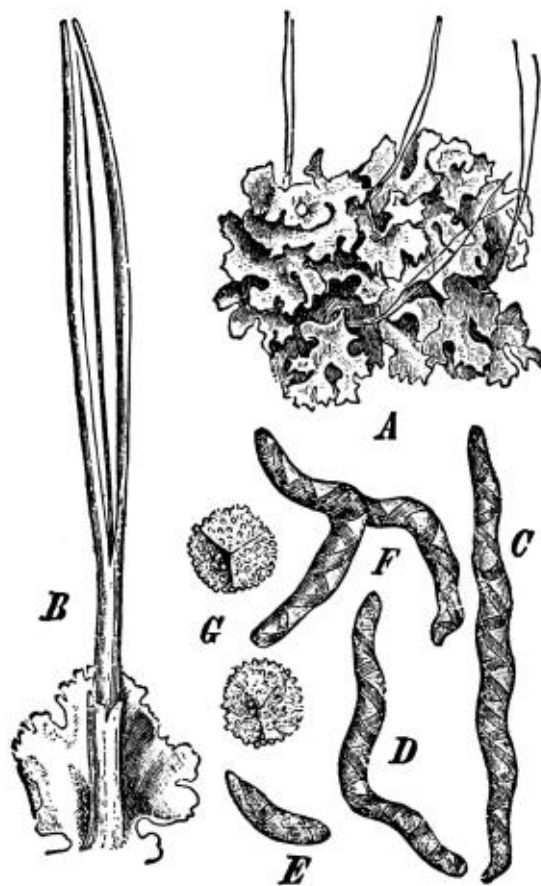


Рис. 279.

Антоцерос изящный. *A*, несколько гаметофитов, на которых развились спорангии; *B*, увеличенный спорогоний, имеющий удлинённый характер и раскрывающийся двумя клапанами, оставляя открытой тонкую колумеллу, на поверхности которой находятся споры, *C*, *D*, *E*, *F*, надкрылья различных форм, *G*, споры. (В честь Шиффнера.)

503. Антеридии.— Антеридий возникает из внутренней клетки слоевища, расположенной чуть ниже верхней поверхности. Из этой клетки развивается обычно группа антеридий, которые находятся в полости, образовавшейся вокруг этой клетки по мере того, как слоевище продолжает расти. Они расположены вдоль средней линии слоевища, и их можно увидеть, сделав разрез в этом направлении. Антеридии овальные или округлые, имеют стенку из одного слоя клеток, которая содержит сперматозоиды, и каждый антеридий имеет тонкую ножку. Сперматозоиды похожи на сперматозоиды настоящих печеночников.

504. Архегонии.—Архегонии также располагаются вдоль средней линии слоевища. Каждый из них возникает на ранней стадии развития ткани слоевища из поверхностной клетки, но архегоний не выступает над поверхностью. Таким образом, вентральное отверстие, содержащее яйцеклетку, находится глубоко в слоевище, стенка шейки

образована из клеток, неотличимых от соседних клеток слоевища, и выходит на поверхность.

Спорофит антоцероса.

505. Спорогоний.—Спорогоний развивается из оплодотворенной яйцеклетки, оплодотворение происходит, конечно, в результате слияния одного из сперматозоидов с ядром яйцеклетки. Из нижней части эмбриона определенные клетки удлиняются и выталкиваются подобно ризоидам в слоевище (гаметофит), но никогда не выходят наружу, так что спорогониум получает питание из гаметофита паразитическим способом, подобно настоящим печеночникам. У основания он окружен оболочкой, выростом гаметофита.

506. Точка роста спорогония.—Примечательной особенностью спорогониума антоцероса и его сородичей является то, что точка роста расположена не на свободном конце, а у основания, чуть выше питающей ножки. Таким образом, верхняя часть спорогония старше. В старых спорогониях могут быть зрелые споры у свободного конца, молодые - у середины и недифференцированная растущая ткань у основания. Это видно на продольном срезе спорогония в момент созревания спор.

507. Стрoение спорогония.—Продольный разрез спорогония показывает, что спороносная ткань занимает сравнительно небольшую часть спорогония. В разрезе есть узкий слой (толщиной в две ячейки) с обеих сторон, соединенный вверху. Во всем спорогонии эта фертильная ткань имеет форму перевернутой пробирки, расположенной внутри спорогония. Стенка спорогония имеет толщину около четырех клеток. Стерильная ткань внутри спороносной трубки - это колумелла. Клетки стенки содержат хлорофилл, а в эпидермальном слое имеются настоящие устьица с защитными клетками.

508. Споры и надкрылья.—В ткани, несущей споры, есть два слоя клеток (археспорий). Каждая клетка является потенциальной материнской клеткой. Однако клетки чередующихся ярусов не образуют спор. Они несколько удлиняются и имеют несколько неправильную форму, а иногда делятся или ветвятся. Предполагается, что они представляют собой рудиментарные *подъемники*. Клетки на других ярусах являются настоящими материнскими клетками, и каждая из них образует четыре споры.

509. Спорoфит антоцероса представляет собой высший тип, встречающийся у печеночников. Губчатая зеленая паренхима, образующая стенку, с устьицами в эпидермальном слое, обеспечивает эту ткань для процесса фотосинтеза, так что эта часть спорофита функционирует как зеленый лист семенных растений. Некоторые предполагали, что если бы ризоиды на питающей ножке могли выходить только наружу и закрепляться в почве, то спорофит антоцероса мог бы вести независимое существование. Но мы видим, что на этом все заканчивается.

Классификация печеночников.

КЛАСС ПЕЧЕНОЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.

510. Заказать Маркантиалес.^[26] — В Соединенных Штатах представлены два семейства.

Семейство Риччиевые, включая риччию и Риччиокарпус.

Семейство Марчантовые, включая Марчанцию, Фегателлу (= *Conocephalus*), Фимбриарию, Тарджонию и др.

511. Отряд *Jungermanniales*.^[27] — Есть два подразделения такого порядка. К *анакрогинам* относятся главным образом таллоидные формы с продолжающимся

апикальным ростом, архегонии позади апикальной клетки. Примеры: Блазия, Аневра, Пеллия и т.д.

К акрогинам относятся преимущественно листовидные формы, архегонии возникают из апикальной клетки и в таких случаях прерывают апикальный рост. Примеры: *Cephalozia*, *Frullania*, *Bazzania*, *Jungermannia*, *Ptilidium*, *Porella* и т.д.

КЛАСС АНТОЦЕРОТЫ.

512. Антоцероты ранее были отнесены к печеночным в порядке убывания. Но из-за их большого отличия от других печеночников в развитии половых органов, и особенно в строении спорофита, в настоящее время они некоторыми выделены в отдельный класс. Есть один порядок.

Отряд Антоцеротовые.^[28]— Сюда входит одно семейство (*Anthocerotaceae*) с антоцеросовыми и нототиловыми в Европе и Северной Америке и дендроцеросовыми в тропиках. Последний является эпифитным.

ГЛАВА XXV. МХИ (MUSCI).

513. Теперь мы готовы приступить к более тщательному изучению растения-мха. Существует великое множество видов мхов, и они сильно отличаются друг от друга мельчайшими деталями строения. Тем не менее, существуют определенные общие сходства, которые позволяют использовать для изучения практически любой из распространенных по соседству видов, образующих обильные плоды. Однако некоторые из них больше подходят для первого изучения, чем другие. (Политрихум и фунария - хорошие мхи для изучения.)

514. Mnium.— Мы выберем здесь растение, показанное на [рис. 280](#). Это известно как *mnium* (*M. affine*), и тот или иной вид *mnium* может быть получен без особых трудностей. Мхи, как мы уже узнали, обладают осью (стеблем) и листовидными разрастаниями, так что они также являются растениями с облиственным стеблем. Некоторые ветви мниума стоят вертикально или почти вертикально, и все листья одинакового размера в любой заданной точке стебля, как показано на рисунке. У этих листьев три ряда, и это верно для большинства мхов.

515. Растения *mnium* обычно образуют довольно обширные и красивые зеленые коврики в тенистых влажных лесах или оврагах. Тут и там среди прямостоячих стеблей встречаются распростертые, с двумя рядами выступающих листьев, расположенных так, что это напоминает печеночников с листостебельными листьями. Если мы рассмотрим некоторые листья мниума, то увидим, что большая часть листа состоит из одного слоя зеленых клеток, точно так же, как это имеет место у печеночников со стеблевыми листьями. Но вдоль средней линии идет более толстый слой, так что он образует отчетливую среднюю жилку. Это характерно для листьев мхов и является одним из способов их отделения от печеночников с листовым стеблем, у последних никогда не бывает сердцевинной жилки.



Рис. 280.

Часть растения-мха семейства *Mnium affine*, демонстрирующая два спорогония с одной ветви. Капсула слева только что сбросила колпачок или крышечку; капсула справа сбрасывает споры, а во рту оцетинились зубы. Рядом справа - молодая капсула с еще прикрепленной калиптрой; рядом - две увеличенные споры.

516. Плодоносящее растение-мох.—На [рис. 280](#) - растение-мох “во фруктах”, как мы говорим. Над покрытым листьями стеблем на тонком стебле находится коробочка, и в этой коробочке находятся споры. Тогда капсула принадлежит к *фазе спорофита* растения мха, и мы должны выяснить, является ли все растение, каким мы его видим здесь, спорофитом или его часть является гаметофитом. Если часть его является гаметофитом, а часть - спорофитом, то где заканчивается одно и начинается другое? Если мы обрежем листья на конце облиственного стебля и сделаем длинный надрез по средней линии, мы обнаружим, что стебель, на котором находится коробочка, просто воткнут в конец облиственного стебля и органически с ним не связан. Таким образом, это разделительная линия между гаметофитом и спорофитом. Мы обнаружим, что здесь рождается архегоний, содержащий яйцеклетку, что является более точным способом определения границ двух фаз развития растения.

517. Мужские и женские растения мха.—Два растения *mnium*, показанные на фиг. [281](#), [282](#) совершенно разные, как легко заметить, и все же они принадлежат к одному виду. Одно из них является женским растением, в то время как другое - мужским. Половые органы у *mnium*, как и у многих других мхов, находятся на отдельных растениях. Архегонии растут на конце стебля и защищены несколько более узкими листьями, которые плотно перекрывают друг друга и завернуты вместе. Они похожи на архегонии печеночников.



Рис. 281.

Женское растение (гаметофит) мха (*mnium*) с ризоидами внизу и пучком листьев вверху, которые защищают архегонии.



Рис. 282.

Мужское растение (гаметофит) мха (*mnium*) с ризоидами внизу и антеридиями в центре вверху, окруженными розеткой листьев.

Мужские растения *mnium* легко отбираются, поскольку листья на конце стебля образуют широкую розетку с антеридиями, а в центре несколько стерильных нитей плотно прилегают друг к другу. Концы массы антеридий можно увидеть невооруженным глазом, как показано на [рис. 282](#). Когда антеридии созреют, если мы сделаем разрез через гроздь или просто выколем несколько с конца иголкой в капле воды на предметном стекле, а затем подготовимся к исследованию под микроскопом, мы сможем увидеть форму антеридий. Они имеют несколько ключичную или эллиптическую форму, как показано на [рис. 284](#). Между ними проходят короткие нити, состоящие из нескольких клеток, содержащих зерна хлорофилла. Это стерильные нити (парафизы).

518. Спорогоний.—На [рис. 280](#) мы видим проиллюстрированный спорогоний *mnium*, который, конечно же, развивается из оплодотворенной яйцеклетки архегония. Это почти цилиндрическая коробочка, загнутая книзу и опирающаяся на длинную тонкую ножку. На капсуле имеется своеобразный колпачок,^[29] в форме половника или лопаточки. Это остаток старого архегония, который какое-то время окружал и защищал молодой зародыш спорогония, точно так же, как это происходит у печеночников. У большинства мхов этот старый остаток архегония держится наверху на коробочке в виде шляпки, в то время как у печеночников он отбрасывается в сторону по мере удлинения спорогония.

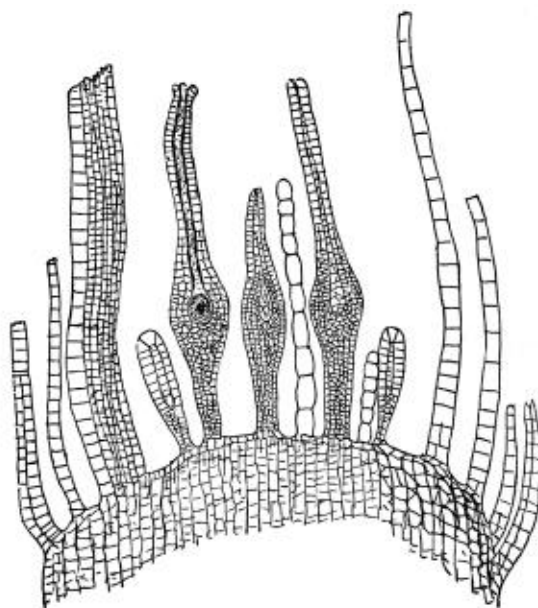


Рис. 283.

Разрез конца стебля женского растения *mniun*, показывающий архегонию в центре. На одном архегонии изображено яйцо. По бокам расположены участки защитных листьев.



Рис. 284.

Антеридий большого пальца с сочлененным парафизом слева; сперматозоиды справа.

519. Строение капсулы мха.—На свободном конце капсулы мха, как показано в случае с *mniun* на [рис. 280](#), после отпадения остатков архегония видна коническая крышка, которая плотно прилегает к концу. Когда капсула созреет, эта крышечка легко отваливается, и ее можно смахнуть, поэтому с растениями необходимо обращаться осторожно, если вы хотите сохранить их для изучения.

520. Когда крышку смахивают щеткой по мере дальнейшего высыхания капсулы, мы видим, что конец капсулы, прикрытый крышкой, выглядит “изношенным”. Если мы исследуем этот конец с помощью микроскопа, то увидим, что ткань капсулы здесь разрывается с большой регулярностью, так что образуются два ряда узких острых зубцов, которые кольцом выступают наружу вокруг отверстия. Если мы подуем нашим “дыханием”

на эти зубы, будет видно, что они движутся, и по мере того, как влага исчезает и снова появляется на зубах, они закрывают и открывают устье капсулы, настолько чувствительны они к изменениям влажности воздуха. Таким образом, в некоторой степени предотвращается выход всех спор из капсулы за один раз.

521. Примечание. Если мы сделаем продольный разрез капсулы мниума или какого-либо другого мха, мы обнаружим, что ткань, из которой развиваются споры, гораздо более ограничена, чем в капсуле печеночников, которые мы изучали. Ткань, содержащая споры, ограничена одним слоем, который простирается вокруг капсулы на некотором расстоянии от внешней стенки, так что от стерильной ткани остается центральный цилиндр. Это колумелла, которая присутствует почти во всех мхах. Каждая из клеток плодородного слоя делится на четыре споры.

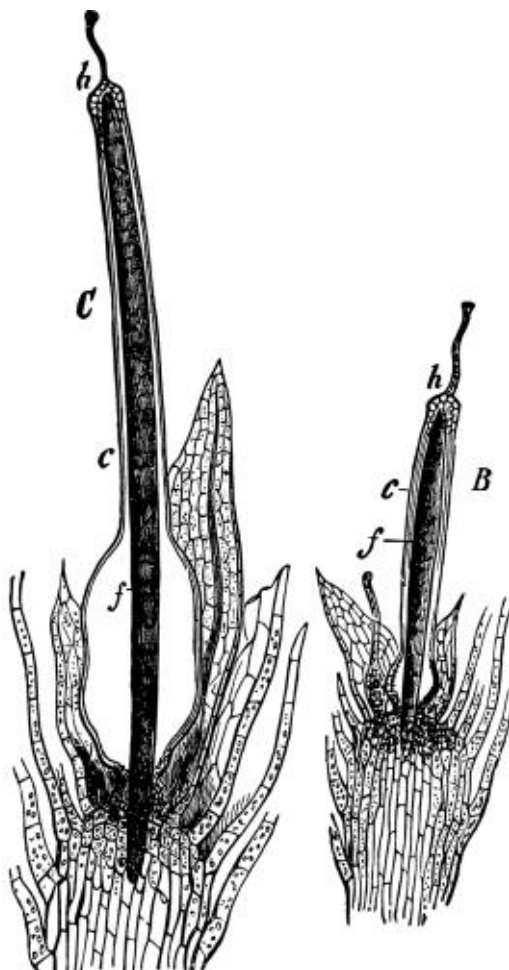


Рис. 285.

Две разные стадии молодого спорогония мха, все еще находящиеся внутри архегония и внедряющиеся в ткани конца стебля. *h*, шейка архегония; *f*, молодой спорогоний. Это хорошо показывает связь спорофита с гаметофитом.

522. Развитие спорогония.—Яйцеклетка после оплодотворения делится стенкой поперек оси архегония. Каждая из этих клеток продолжает делиться некоторое время, так что образуется цилиндр, заостренный с обоих концов. Нижний конец этого тканевого цилиндра вдавливаются через основание архегония в ткань конца стебля мха, как показано на [рис. 285](#). Это образует ножку, через которую питательные вещества передаются от гаметофита к спорогониуму. Верхняя часть продолжает расти, и, наконец, верхний конец дифференцируется в зрелую капсулу.

523. Протонема мха.—Когда споры мха прорастают, они образуют нитевидное тело с хлорофиллом. Эта нить становится разветвленной, и иногда образуются довольно протяженные клубки этих нитей. Это называется протонема, то есть *первая нить*. Более старые нити в конечном итоге становятся коричневыми, в то время как более поздние - зелеными. Из этой протонемы в определенных точках появляются почки, которые разделяются близкими наклонными стенками. Из этих почек вырастает покрытый листьями стебель мохового растения. Нити, подобные этим протонемным нитям, теперь вырастают из покрытого листьями стебля, образуя ризоиды. Они снабжают растение мхом питательными веществами, и теперь протонема обычно отмирает, хотя у некоторых видов она сохраняется в течение длительного времени.

Классификация мхов.

КЛАСС МУСКУСНЫХ (MUSCI).

524. Заказать Sphagnales.^[30]— В этот порядок входят торфяные мхи. Существует только одно семейство (Sphagnaceae) и только один род (Sphagnum). Торфяные мхи широко распространены по всему земному шару, в основном встречаясь на вересковых пустошах, или "болотах", обычно на низинах по берегам озер, прудов или вдоль ручьев, но они часто встречаются на влажных камнях, с которых капает вода, в прохладных тенистых местах. Небольшие пруды иногда заполняются из-за их роста. Поскольку сфагнум, растущий в таком обилии воды, разлагается лишь частично, "земля" образуется довольно быстро, и остатки сфагнума известны как "торф". Эта особенность сфагнума в построении "грунта" иногда позволяет растению (часто в сочетании с другими) полностью заполнять пруды. (См. "Болота атоллов", глава LV.)

Гаметофит сфагнума, как и у всех мхов, диморфный, но первая часть (или протонема), которая развивается из спор, таллоидная, и поэтому больше похожа на печеночники-таллозы. Листовая ось (или гаметофор), которая развивается из таллоидной формы, очень характерна (см. Главу LV).

Архегонии растут на свободном конце главной оси, в то время как антеридии растут на коротких ветвях, которые ярко окрашены, красные, желтые и т.д. Спорофит (sporogonium) шаровидный и обладает широкой ножкой, закрепленной на конце голого продолжения конца листового гаметофора. Это обнаженное продолжение гаметофора выглядит как ножка спорогония, но изучение его связи со спорогонием показывает, что оно является частью гаметофита, который развивается только после оплодотворения яйцеклетки в архегонии. В спорогонии имеется короткая колумелла, а археспорий имеет форму перевернутой чашечки.

525. Заказать Андреазелеса.^[31]—Этот отряд включает единственный род Andreaea. Растения небольшие, но образуют обширные коврики, обычно растущие на скалах в арктических или альпийских регионах. Иногда они встречаются в большом количестве на голых, довольно сухих скалах в горах. Протонема несколько таллоидная. Спорогоний открывается путем продольного разделения на четыре клапана. Имеется удлиненная колумелла, так что археспорий имеет форму перевернутой пробирки.

526. Отряд Archidiales.^[32]—Этот порядок содержит единственный род Archidium, и некоторыми он помещен как аберрантный род в Bryales. В простом спорогонии нет колумелл. Археспорий занимает всю внутреннюю часть спорогония, некоторые клетки фертильны, а другие стерильны.

гло зоид летке.
е. ами.

			С		
			тери		
			льно		
			й Р		
			част		
			азви		
			ью вает		
			О чере		
			ся		
			плод шка		
			цент		
			отво явля		
			раль		
			ренн ется		
			ная		
			Переносится ая		
			плод		
			част		
			в яйце онож		
			ь		
			специальных клет		
			ка,		
			капс Споры		
			сосудах на ка.		
			стен		
			улы .		
			различных (Раз		
			ка		
			(архе		
			растениях. вива		
			коро		
			спор		
			ет бочк		
			ий)		
					
			П		
			Сл		
			оковиц		
			а		
			плоск		
			ие,лен		
			утем		
			товид		
			отми		
			ные,		
			рани		
			раздв		
			я		
			оенны		
			боле		
			е,		
			е		
			стар		
			ие и		
			женск		
			ых		
			част		
			ей и		
			А А		
			расте		
			гемм		
			нтер рхег		
			идии онии		
			со ,		
			спер		
			вына		
			мато		
			шива		
			зоид		
			емые		
			ами,		
			женс		
			нахо		
			ким		
			дящ		
			гаме		
			иеся		
			тофо		
			на		
			ром		
			анте		
			(или		
			риди		
			архе		
			фора		
			гони		
			х,		
			офор		
			или		
			ом),		
			мужс		
			кажд		
			ких		
			ый с		
			гаме		
			яйце		

[illegible]

Мхи. MNIUM, POLYTRI CHUM и др.	Р			Стер	
	аст			ильной	
	ени			частью	
	я с			черешк	Ц
	вид			овой	или
	имо			капсул	ндри
	й			ы	ческ
	лис			являетс	ий
	тов			я ножка,	слои
	ой			Опл	стенка
	ось			одотво	капсул
	ю, 3	П		ренная	ы из
	ряд	утем	На разных	яйцекл	несколь
	ами	ветв	растениях.	етка.	ких
	лис	лени		(Разви	слоев,
	тье	я,		вается	колуме
	в	разр		спорог	лла,
	(по	аста		оний.)	крышеч
	хож	ния		ка,	ий; в
	ие	прот		зубцы и	нем
на	онем		т.д.	разв	
jung	ы из		высокос	ива	
erm	оси,		пециал	ются	
anni	лист		изирова	...	
a),	ьев		нной		
нах	или		капсул		
одя	даже		ы.		
щие	спор				
ся	огон		А		
на	ия.		рхе		
бол	(У	А	гон		
ее	неко	нтер	ии,		
ран	торы	идии	каж		
ней	х	со	дая		
ста	родо	спер	со		
дии	в	мато	яйц		
раз	гемм	зоид	екл		
вит	ами.)	ами	етк		
ия		на	ой,		
про		конц	на		
тон		е	жен		
емы		стеб	ско		
.		ля	м		
Му		мужс	рас		
жск		кого	тен		
ие и		раст	ии.		
жен		ения	(Ка		
ски		.	лип		
е			тра,		
			най		

рас
тен
ия.

ден
ная
на
спо
рог
они
и,
явл
яет
ся
ост
атк
ом
арх
его
ния
.)

ГЛАВА XXVI. ПАПОРОТНИКИ.

529. Приступая к изучению папоротников, мы обнаруживаем растения, которые являются очень красивыми объектами природы и поэтому всегда привлекали интерес тех, кто любит красоты природы. Но они также очень интересны для изучающего из-за некоторых замечательных особенностей строения плодовых тел и особенно из-за промежуточного положения, которое они занимают в царстве растений, представляя в двух фазах своего развития примитивный тип растительной жизни, с одной стороны, и современный тип, с другой. Мы начнем наше изучение папоротников с того, что возьмем ту форму, которая является более заметной, - само растение папоротника.

530. Рождественский папоротник.—Одним из папоротников, который очень распространен в Северных Штатах и встречается на скалистых берегах и в лесах, является хорошо известный рождественский папоротник (*Aspidium acrostichoides*), показанный на [рис. 286](#). Листья - наиболее заметная часть растения, как и у большинства, если не у всех наших местных папоротников. Стебель очень короткий и по большей части находится под поверхностью земли, в то время как листья растут очень близко друг к другу и, таким образом, образуют розетку, когда они поднимаются и изящно изгибаются наружу. Лист удлиненный и чем-то напоминает перышко с перистыми отростками, расположенными в два ряда на противоположных сторонах средней жилки. Эти лепестки чередуются друг с другом, и у основания каждой ушной раковины есть небольшой отросток, выступающий вверх от верхнего края. Такой лист называется перистым. Хотя все листья имеют одинаковые общие очертания, мы замечаем, что некоторые из них, особенно те, что ближе к центру розетки, намного уже от средней части к концу. Это из-за того, что здесь более короткая вершина.



531. Плоды “точечки” (sorus, indusium).—Если мы посмотрим на нижнюю сторону таких коротких лепестков рождественского папоротника, мы увидим, что там есть два ряда маленьких круглых точек, по одному ряду с каждой стороны ушной раковины. Они называются “фруктовыми точками”, или сори (одна-единственная - это сорус). Если мы исследуем его с помощью микроскопа малой мощности или карманного объектива, мы видим, что это круглый диск, который более или менее полностью покрывает очень мелкие объекты, обычно концы последних выступают сразу за край, если они зрелые. Этот круглый диск называется *indusium*, и здесь это особый вырост эпидермиса листа для защиты споровых оболочек. Эти крошечные объекты под ними - плодовые тела, которые в случае папоротников и их союзников называются *спорангиями*. Этот выступ у рождественского папоротника, а также у некоторых других, прикреплен к листу с помощью короткого тонкого стебля, который прикреплен к середине нижней стороны этого щитка, как видно в поперечном разрезе на [рис. 292](#).

532. Спорангии.—Если мы сделаем надрез на листе у одной из точек плода или оторвем часть спорангий, чтобы плодоножки все еще были прикреплены, и изучим их под микроскопом, мы сможем увидеть форму и структуру этих своеобразных телец. Различные виды спорангия показаны на [рис. 293](#). Тонкая часть - это стебель, а большая часть - собственно споровая оболочка. Нам следует довольно тщательно изучить структуру этого спорового футляра, поскольку это поможет нам лучше, чем мы могли бы понять в противном случае, те замечательные операции, которые он выполняет при рассеивании спор.

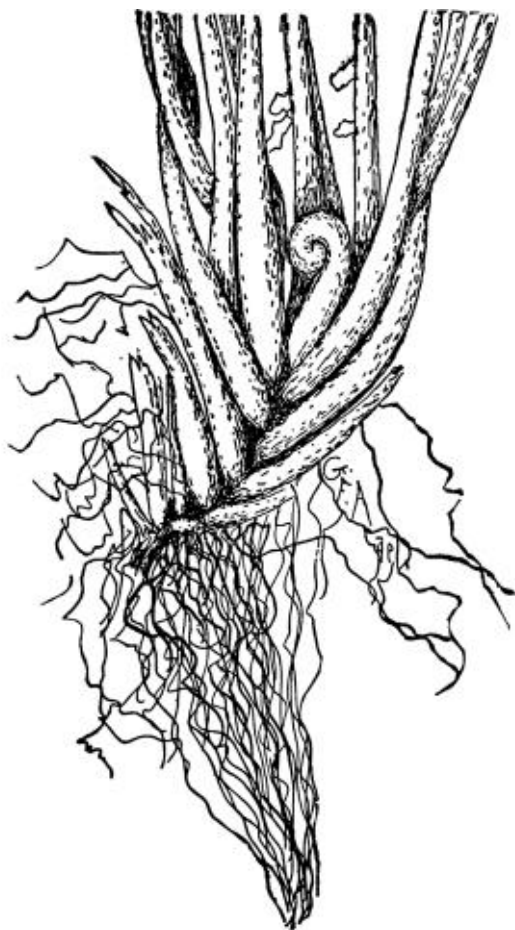


Рис. 287.

Корневище с основаниями листьев и корни рождественского папоротника.

533. Строение спорангия.—Если мы рассмотрим один из спорангиев сбоку, как показано на [рис. 293](#), мы заметим заметный ряд клеток, которые простираются по краю спинного края от места прикрепления ножки к верхнему переднему углу. Ячейки выделяются из-за толстых внутренних стенок и толстых радиальных стенок, которые расположены перпендикулярно внутренним стенкам. Стенки с обратной стороны этого ряда и по бокам от него очень тонкие и перепончатые. Мы должны тщательно разобраться в этом, поскольку структура этих клеток особенно приспособлена к особой функции, которую они выполняют. Этот ряд ячеек называется *кольцом*, что означает маленькое кольцо. Хотя это не полное кольцо, у некоторых других папоротников кольцо почти полное.

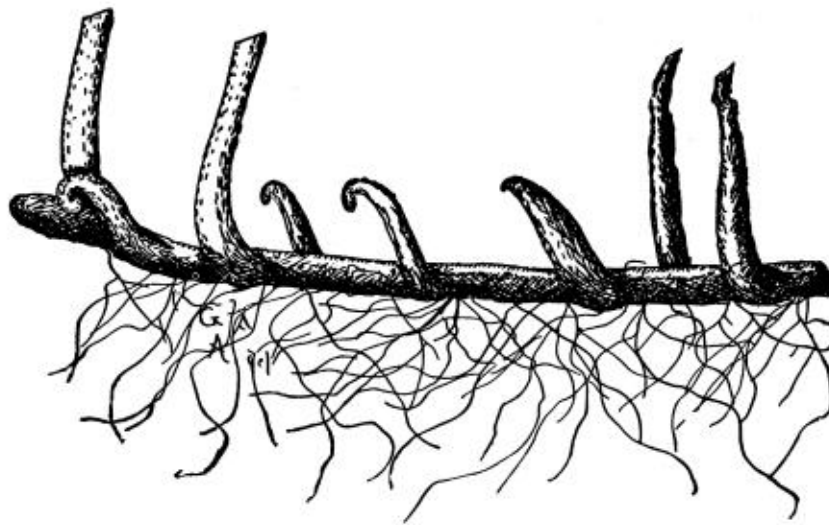


Рис. 288.

Корневище чувствительного папоротника (*Onoclea sensibilis*).



Рис. 289.

На нижней стороне ушной раковины *Aspidium spinulosum* видны плодовые точки (соринки).

534. В передней части спорангия находится еще одна своеобразная группа клеток. Две из более длинных напоминают губы какого-то существа, и поскольку между ними открывается спорангий, их иногда называют губными клетками. Эти губчатые клетки соединены с верхним концом кольца с одной стороны и с верхним концом ножки с другой стороны тонкостенными клетками, которые можно назвать соединительными клетками, поскольку они удерживают каждую губчатую клетку в ее части раскрывающегося спорангия. Ячейки на боковой стороне спорангия также тонкостенные. Если мы теперь рассмотрим спорангий с задней стороны, или, как мы говорим, с дорсального края, он будет выглядеть так, как

показано на рисунке слева. Здесь мы можем видеть, насколько сильно выражено кольцо. Оно выступает за пределы поверхности других клеток спорангия. Споры содержатся внутри этого футляра.

535. Раскрытие спорангия и рассеивание спор.—Если мы возьмем несколько свежих плодоносящих листьев рождественского папоротника или любого другого из многих видов настоящих папоротников как раз в момент созревания спор и поместим их часть на лист белой бумаги в сухом помещении, то очень скоро мы увидим, что бумага покрыта мелкими коричневыми предметами, которые вылетают из листа. Теперь, если мы возьмем часть того же листа и поместим ее под слабую мощность микроскопа, чтобы можно было увидеть полностью округленные спорангии, через короткое время мы заметим, что спорангий раскрывается, верхняя половина загибается назад, как показано на [рис. 294](#), и вскоре он быстро защелкивается, возвращаясь почти в прежнее положение, и споры одновременно разлетаются на значительное расстояние. Иногда это движение можно увидеть с помощью хорошего ручного объектива.

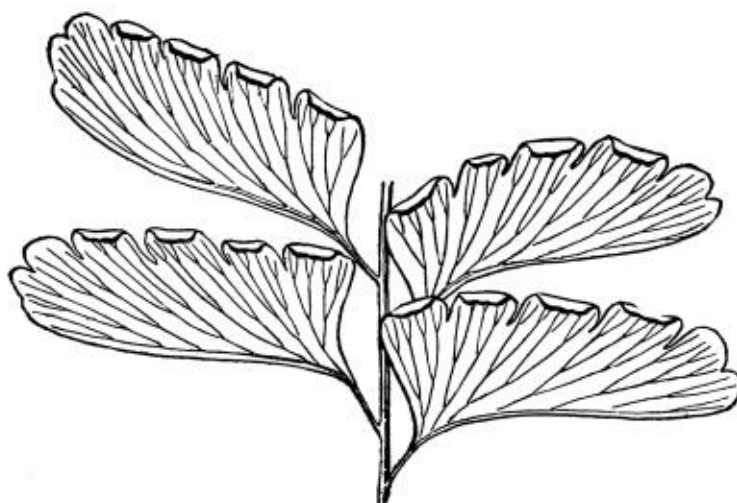


Рис. 290.

Четыре вершинки адиантума с загнутыми краями, покрывающими спорангии.

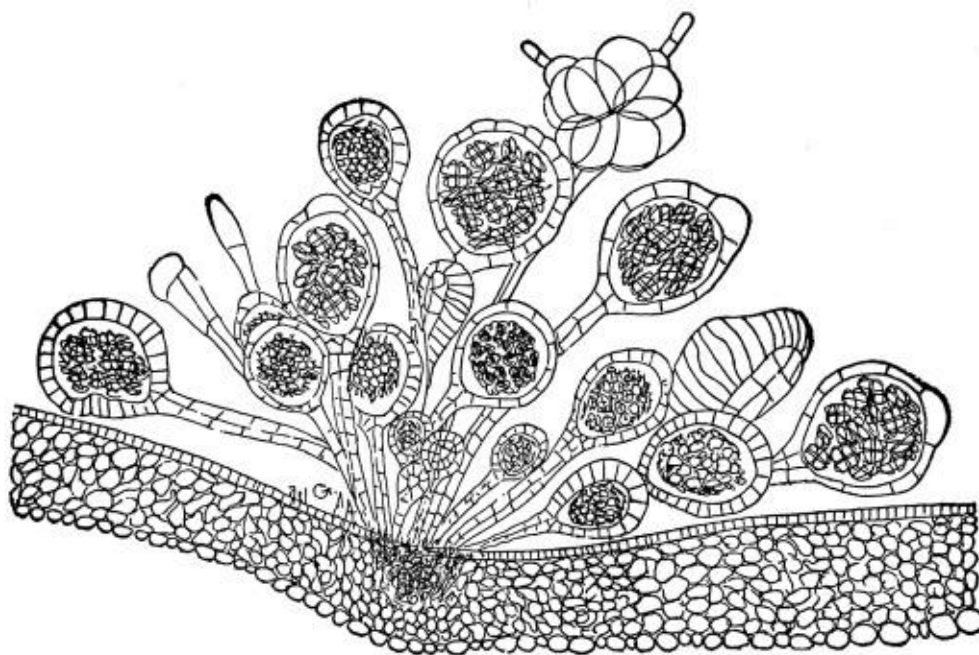


Рис. 291.

Поперечный разрез *Polypodium vulgare*, показывающий различные стадии спорангия и один многоклеточный головчатый волосок.

536. Как происходит это раскрытие и защелкивание спорангия?— Сейчас нам более чем когда-либо любопытно посмотреть, как именно происходит это раскрытие и защелкивание спорангия. Теперь нам следует опустить немного свежих спорангий в воду и накрыть покровным стеклом для микроскопического исследования. Каплю глицерина следует нанести с одной стороны покровного стекла на листок так, чтобы край глицерина соприкасался с водой. Теперь, когда вы смотрите в микроскоп, чтобы понаблюдать за спорангиями, воду следует откачать из-под покровного стекла с помощью какой-нибудь бумажной салфетки, наподобие фильтровальной, помещенной на край покровного стекла с противоположной от глицерина стороны. Поскольку глицерин заменяет воду вокруг спорангий, он вытягивает воду из клеток кольцевого отростка точно так же, как он вытягивал воду из клеток спорогиты, как мы узнали некоторое время назад. По мере вытягивания воды из этих ячеек создается давление извне, атмосферное давление на глицерин. Это приводит к тому, что стенки этих ячеек кольцевого пространства прогибаются внутрь, потому что, как мы уже узнали, глицерин проходит через стенки не так быстро, как вода выходит наружу.

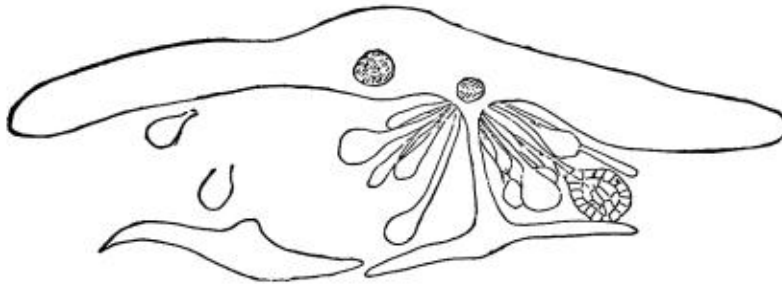


Рис. 292.

Срез через сорус и щитовидную оболочку аспидия.

537. Структура ячеек этого кольца, как мы видели, такова, что внутренние стенки и перпендикулярные стенки прочные, и, следовательно, они не изгибаются и не разрушаются, когда это давление оказывается снаружи ячеек. Однако тонкие мембранозные стенки на спине (дорсальные стенки) и по бокам кольца легко поддаются давлению и прогибаются внутрь. Это, как мы можем легко видеть, натягивает концы каждой из перпендикулярных стен, сближая их. Это укорачивает внешнюю поверхность кольцевого пространства и заставляет его сначала принимать почти прямое положение, затем изгибаться назад до тех пор, пока оно полностью или почти не увеличится вдвое само по себе. Спорангий открывается между клетками губ спереди, и боковые стенки спорангия разрываются прямо поперек. Таким образом, большая масса спор удерживается на верхнем конце открытого спорангия, и когда кольцо почти удвоилось само по себе, оно внезапно возвращается на прежнее место. При обработке глицерином мы можем видеть, как происходит все это движение. Каждая ячейка кольца действует независимо, но часто все они действуют согласованно. Когда они не все действуют согласованно, некоторые из них защелкиваются раньше, чем другие, и это приводит к сегментированному защелкиванию кольца.

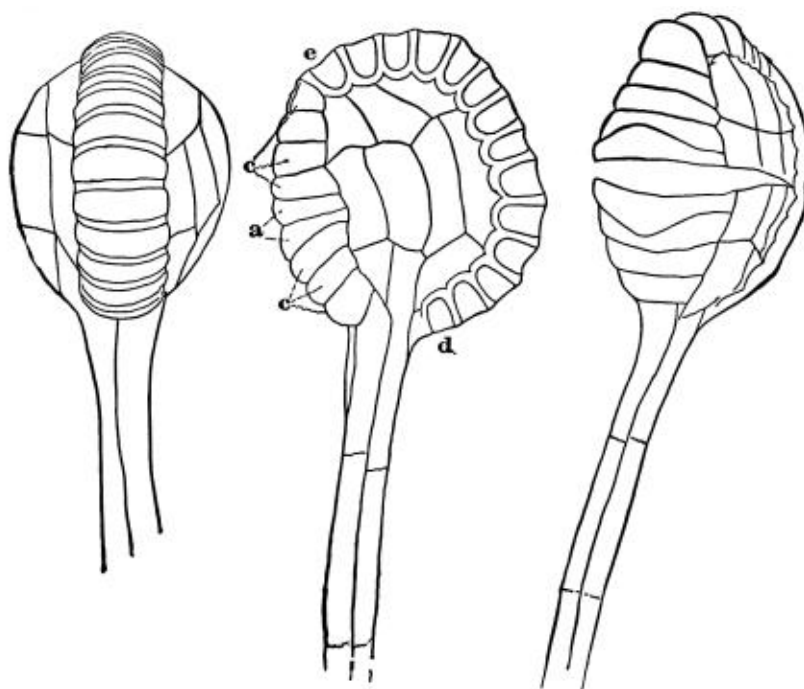


Рис. 293.

Вид сзади, сбоку и спереди спорангия папоротника. *d, e*, кольцевое пространство; *a*, клетки губ.

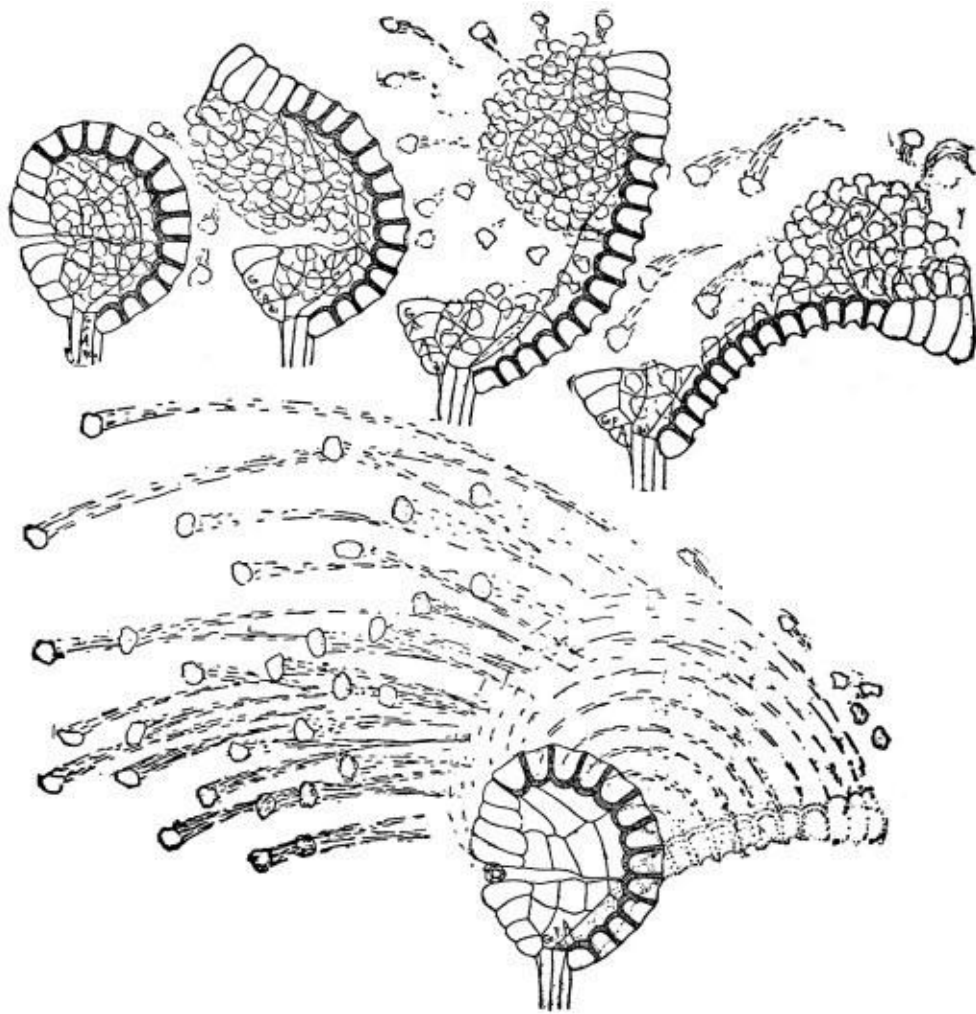


Рис. 294.

Рассеивание спор из спорангия *Aspidium acrostichoides*, демонстрирующее различные стадии раскрытия и защелкивания кольца.

538. Перемещения спорангия могут происходить в старом и высушенном материале.—Если у нас нет свежего материала для изучения спорангия, мы можем использовать высушенный материал, поскольку движения спорангий хорошо видны в высушенном материале, при условии, что он был собран примерно в то время, когда спорангии созревают, то есть в период созревания, или вскоре после этого. Мы берем немного сухих спорангий (или можем смыть глицерин с тех, которые только что изучили), опускаем их в воду и быстро рассматриваем под микроскопом. Мы замечаем, что в каждой ячейке кольцевого пространства находится небольшая сфера из какого-либо газа. Вода, омывающая стенки кольцевого пространства, поглощается каким-либо веществом внутри этих ячеек. Это мы можем видеть по тому факту, что эта газовая сфера становится все меньше и меньше, пока не превращается всего лишь в точку, после чего она исчезает в мгновение ока. Вода была забрана под таким давлением, что поглотила весь газ, и дальнейшее давление в большинстве случаев более полно закрывает частично открытый спорангий.

539. Теперь мы должны снова добавить глицерин и отцедить воду, одновременно наблюдая за спорангиями. Мы видим, что спорангии, которые раскрылись и сломались однажды, сделают это снова. И поэтому их можно заставить пройти эту операцию несколько раз подряд. Теперь мы должны внимательно отметить кольцевое пространство, то есть после того, как спорангии раскрылись с помощью глицерина. Как только они лопаются в

глицерине, мы снова можем видеть эти крошечные газовые шарики, и поскольку снаружи спорангиев не было воздуха, а был только глицерин, предполагается, что этот газ был выделен водой до того, как он весь был вытянут из клеток.

540. Обыкновенный полиподий.— Теперь мы можем заняться изучением нескольких других папоротников. Другим распространенным папоротником является полиподий, один или несколько видов которого имеют очень широкое распространение. Стебель этого папоротника также обычно не виден, но покрыт листьями, за исключением тех видов, которые растут на поверхности скал. Стебель тонкий и распростертый, покрыт многочисленными коричневыми чешуйками. Листья у этого папоротника также перистые, но мы не находим разницы между плодородными и стерильными листьями (за исключением некоторых редких случаев). Плодовые точки занимают почти те же места на нижней стороне листа, что и у рождественского папоротника, но мы не можем найти ни одного индюзия. На месте волоса находятся волоски булавовидной формы, как показано на [рис. 291](#). Увеличенные концы этих булав, выходящие за пределы спорангия, обеспечивают им некоторую защиту, когда они молоды.

541. Другие папоротники.— Мы могли бы изучить ряд папоротников, чтобы увидеть, насколько они различаются по положению, которое точки плодов занимают на листе. Обыкновенный тормоз, который иногда покрывает обширные территории и становится неприятным сорняком, имеет прочный и гладкий подземный стебель (корневище), который часто находится на глубине от 12 до 20 см под поверхностью почвы. Имеется длинный стебель листа, на котором имеется пластинка, последняя несколько раз перистая. Края плодородных сосочков свернуты, и спорангии находятся под защитой в этом длинном сорусе вдоль края ушной раковины. Прекрасный папоротник девичий и его родственники имеют обратнойцевидные перья, а соринки расположены в тех же местах, что и у зарослей. У других папоротников, таких как ходячий папоротник, соринки держатся по бокам жилок листа.

542. Раскрытие листьев папоротников.—Листья папоротников раскрываются особым образом. Кончик листа - это последняя часть, развернутая, и растущий лист выглядит так, как будто его свернули, как на [рис. 287](#) рождественского папоротника. По мере удлинения листа эта часть раскатывается.

543. Долговечность папоротников.—Большинство папоротников живут из года в год, за счет увеличения роста стебля, в то время как из-за увядания старых частей стебель укорачивается сзади. Листья недолговечны, обычно с каждым годом отмирают, а на растущем конце стебля образуются новые. Часто сразу за новыми листьями или под ними можно увидеть старые отмершие листья прошлого сезона, а еще дальше - остатки черешков еще более старых листьев.

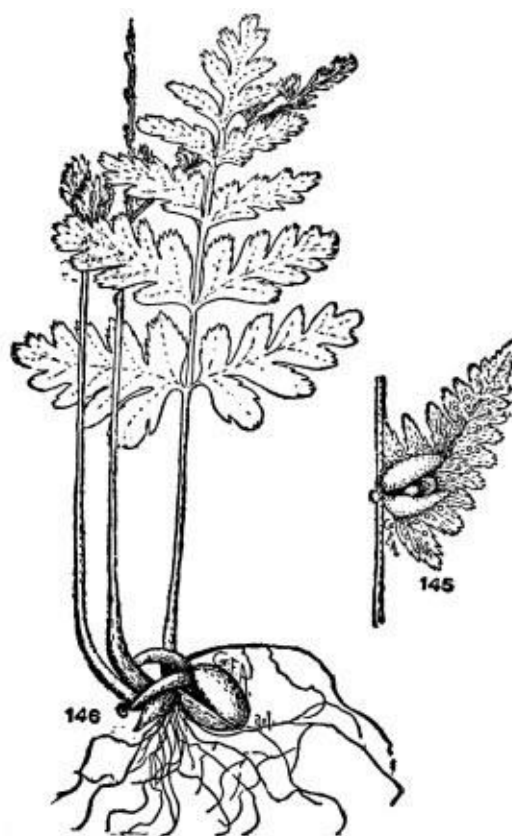


Рис. 295.

Цистоптерис луковичный, молодое растение, растущее из луковицы. Справа - молодая луковица в пазухе ушной раковины листа.

544. Бутонизация папоротников.—У некоторых папоротников на листьях образуются так называемые луковички. Одним из них, который встречается на большей части востока Соединенных Штатов, является пузырчатый папоротник (*Cystopteris bulbifera*), который растет в тенистых каменистых местах. Длинные изящные листья образуют в пазухах перистых, особенно ближе к концу листа, маленькие овальные луковички, как показано на [рис. 295](#). Если мы рассмотрим одну из этих пузыреподобных луковиц, то увидим, что основная ее часть состоит из коротких толстых мясистых листьев, более мелкие из которых появляются между наружными на меньшем конце луковицы. Эта луковица содержит стебель, молодой корень и несколько пар настоящих мясистых листьев. Они легко падают на землю или камни, где при обильной влажности, обычно присутствующей в местах произрастания папоротника, луковица растет до тех пор, пока корни не прикрепят растение к почве или расщелинам скал. Молодое растение, растущее из одной из таких луковиц, показано на [рис. 295](#).

545. Тепличные папоротники.—У некоторых папоротников, выращиваемых в оранжереях, похожие луковички. На [рис. 296](#) представлен один из них, который в изобилии встречается на листьях асплениума луковичного. У этих луковиц есть листья, которые очень похожи на обычные листья, за исключением того, что они меньше. Луковицы также гораздо прочнее прикреплены к листу, так что они не так легко опадают.

546. В оранжереях для растений обычно имеется множество очень интересных папоротников, и следует попытаться познакомиться с некоторыми из них, поскольку здесь в зимний сезон есть возможность не только наблюдать за этими интересными растениями, но и получить материал для изучения. В древовидных папоротниках, которые часто растут в таких местах, мы видим примеры массивных стволов и листьев некоторых тропических видов.



Рис. 296.

Луковичка, растущая из листа асплениума (*A. bulbiferum*).

547. Растение папоротник - спорофит.—Сейчас мы изучили растение папоротник, как мы его называем, и обнаружили, что оно представляет собой спороносную фазу растения, то есть *спорофит* (соответствующий спорогонию печеночников и мхов).

548. Есть ли у папоротников фаза гаметофита?— Но в спорофите папоротника, который, как мы не должны забывать, является папоротниковидным растением, мы имеем поразительный прогресс по сравнению со спорофитом печеночников и мхов. У последних растений спорофит оставался прикрепленным к гаметофиту и получал от него питание. У папоротников, как мы видим, спорофит имеет собственный корень и прикрепляется к почве. С помощью собственных корневых волосков он усваивает минеральные растворы. У него также есть настоящий стебель и настоящие листья, в которых происходит преобразование углерода. Значит, он способен жить независимо. Существует ли у папоротников фаза гаметофита? Или она утрачена? Если он действительно существует, то на что он похож и где растет? Исходя из того, что мы уже узнали, мы должны ожидать, что гаметофит начнет с прорастания спор, которые развиваются на спорофите, то есть на самом растении папоротника. Мы должны расследовать это и посмотреть.

ГЛАВА XXVII. ПРОДОЛЖЕНИЕ О ПАПОРОТНИКАХ.

Гаметофит папоротников.

549. Половая стадия папоротников.— Теперь мы хотим посмотреть, на что похожа половая стадия папоротников. Судя по тому, что, как мы обнаружили, происходит с печеночниками и мхами, мы должны заключить, что форма растения, несущего половые органы, развилась из спор. Это правда, и если мы исследуем старые гниющие бревна или гниющую древесину во влажных местах в непосредственной близости от папоротников, мы, вероятно, обнаружим крошечные, зеленые, тонкие наросты сердцевидной формы, расположенные близко к субстрату. Они также довольно часто встречаются на почве в горшках в оранжереях, где выращивают папоротники. Садоводы также в оранжереях обычно сеют споры папоротника, чтобы вырастить новые растения папоротника, и обычно эти сердцевидные наросты можно найти на поверхности почвы, где они посеяли споры. Мы можем попросить садовника помочь нам найти их в оранжереях или даже вырастить для нас, если мы не можем найти их снаружи. В некоторых случаях их можно выращивать в обычном помещении, поддерживая влажность поверхностей, на которых они растут, и воздуха, также увлажненного, поместив над ними стеклянную банку-колпак.

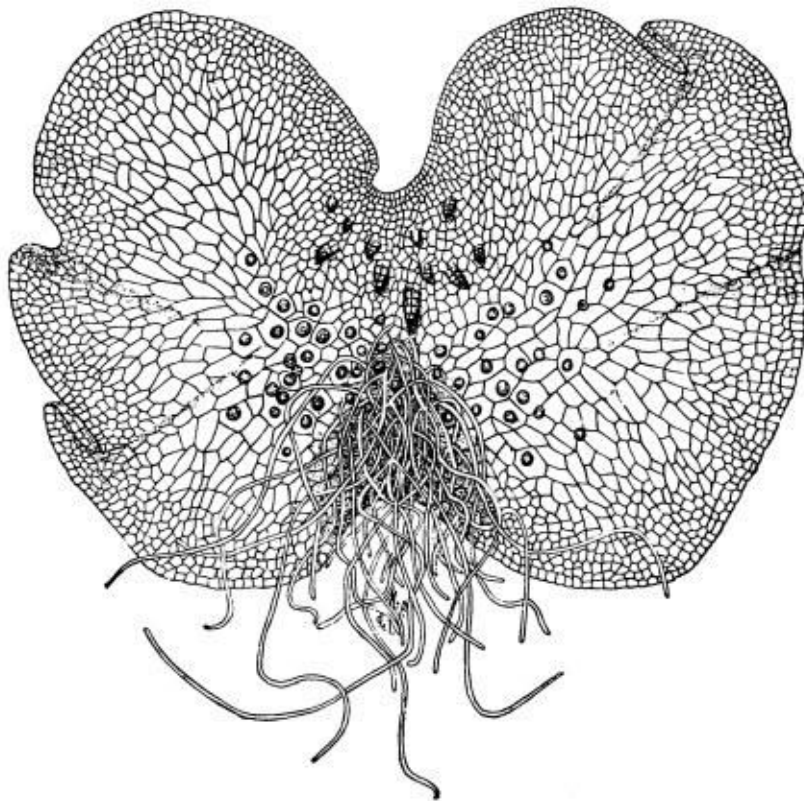


Рис. 297.

Проталлий папоротника с нижней стороны, с ризоидами, антеридиями, разбросанными среди них и рядом с ними, и архегониями возле пазухи.

550. На [рис. 297](#) показан один из этих наростов в увеличенном виде. На нижней стороне мы видим многочисленные нитевидные выросты, ризоиды, которые прикрепляют растение к субстрату и действуют как органы для поглощения питательных веществ. Половые органы также находятся на нижней стороне, и мы изучим их позже. Это сердцевидное,

приплюснутое, тонкое зеленое растение - *проталлиум* папоротников, и теперь нам следует более тщательно изучить его, начав с прорастания спор.



Рис. 298.

Споры *Pteris serrulata*, показывающие трехлучевое возвышение, вдоль стороны которого стенка споры трескается во время прорастания.

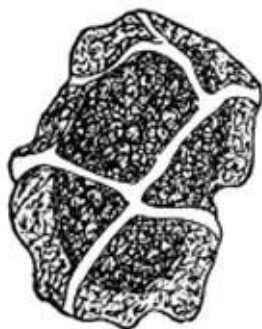


Рис. 299.

Споры *Aspidium acrostichoides* с крылатой экзоспорой.

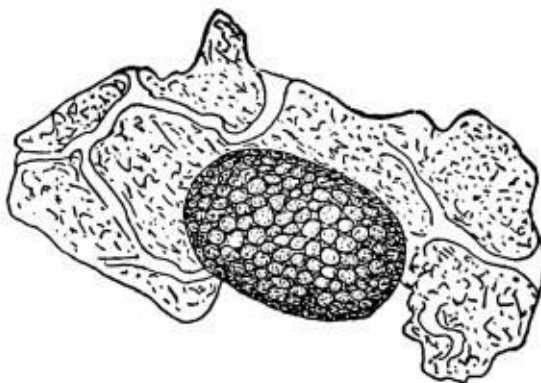


Рис. 300.

Споры измельчают, чтобы удалить экзоспору и показать эндоспору.

551. Споры.—Мы можем легко получить материал для изучения спор папоротников. Споры в некоторой степени различаются по форме. Многие из них имеют форму трехсторонней пирамиды. Один из них показан на [рис. 298](#). Внешняя стенка имеет шероховатость, а на одном конце имеются три приподнятых выступа, которые расходятся лучами от заданной точки. Споры рождественского папоротника показаны на [рис. 299](#).

Внешняя стенка здесь более или менее крылатая. На [рис. 300](#) представлена спора того же вида, у которой была раздавлена внешняя стенка, что показывает наличие также внутренней стенки. Если возможно, нам следует изучить прорастание спор какого-нибудь папоротника.

552. Прорастание спор.—После того, как споры будут посеяны в течение примерно одной недели-десяти дней, мы должны поместить несколько спор в воду для изучения под микроскопом, чтобы изучить ранние стадии. Если прорастание началось, мы обнаруживаем, что кое-где видны короткие тонкие зеленые нити, во многих случаях прикрепленные к коричневатым частичкам, старым стенкам спор. Часто спорангии высевают вместе со спорами, и в таких случаях можно обнаружить некоторое количество спор, все еще находящихся внутри старой стенки спорангия, которые прорастают, когда они появятся, как показано на [рис. 302](#).

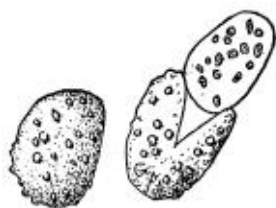


Рис. 301.

Споры асплениума; экзоспора удалена из той, что справа.

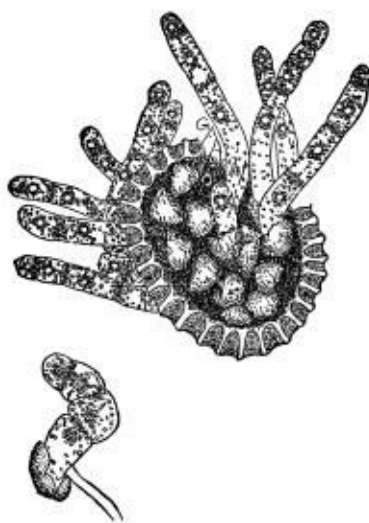


Рис. 302.

Прорастающие споры *Pteris aquilina* все еще находятся в спорангии.

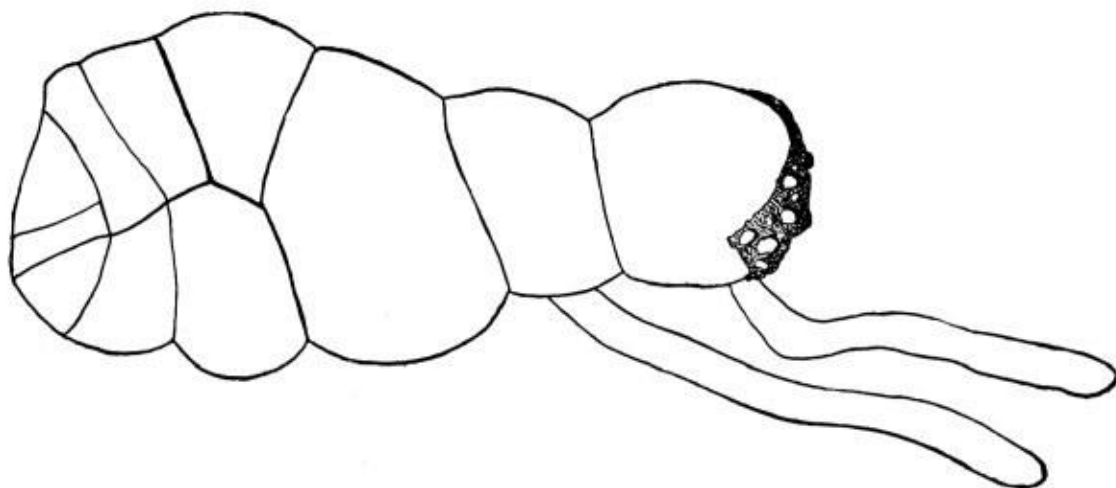


Рис. 303.
Молодой проталлий папоротника (niphobolus).

553. Протонема.—Эти короткие зеленые нити называются *протонемными* нитями, или *протонема*, что означает *первую нить*, и здесь это означает, что эта короткая нить только предшествует большему росту того же объекта. На фиг. [302](#), [303](#) показаны несколько стадий прорастания различных спор. Вскоре после того, как короткая зародышевая трубка появляется из трещины в стенке споры, она разделяется, образуя поперечную стенку, и по мере увеличения ее длины образуются другие поперечные стенки. Но на самом раннем этапе роста мы видим, что из клетки, ближайшей к стенке старой споры, происходит тонкий отросток. Эта тонкая нить бесцветна и не разделена на клетки. Это первый ризоид, который служит как органом прикрепления нити, так и для поглощения пищи.

554. Проталлий.—Очень скоро, если посев не был настолько плотным, чтобы молодые растения не могли получать достаточное количество питательных веществ, мы увидим, что конец этого протонема расширяется, как показано на [рис. 303](#). Это достигается путем формирования клеточных стенок в разных направлениях. Теперь он продолжает расти таким образом, конец становится все шире и шире, и из нижней поверхности клеток образуются новые ризоиды. Точка роста остается в середине выступающего края, и клетки, которые обрезаются с обеих сторон, по мере старения расширяются. Таким образом, “крылья”, или края маленького зеленого приплюснутого тела, находятся впереди точки роста, и объект приобретает более или менее сердцевидную форму, как показано на [рис. 297](#). Таким образом, мы видим, как формируется проталлиум папоротников.

555. Половые органы папоротников.—Если мы возьмем одну из проталлий папоротника, выросших из семян папоротниковых спор, или одну из тех, которые часто встречаются на почве в горшках в оранжереях, поместим ее в воду на подставке нижней стороной вверх, то сможем исследовать ее на наличие половых органов, поскольку они в большинстве случаев находятся на нижней стороне.



Рис. 304.

Мужской проталлий папоротника (niphobolus) в виде водоросли или протонемы. Сперматозоиды, выходящие из антеридий.

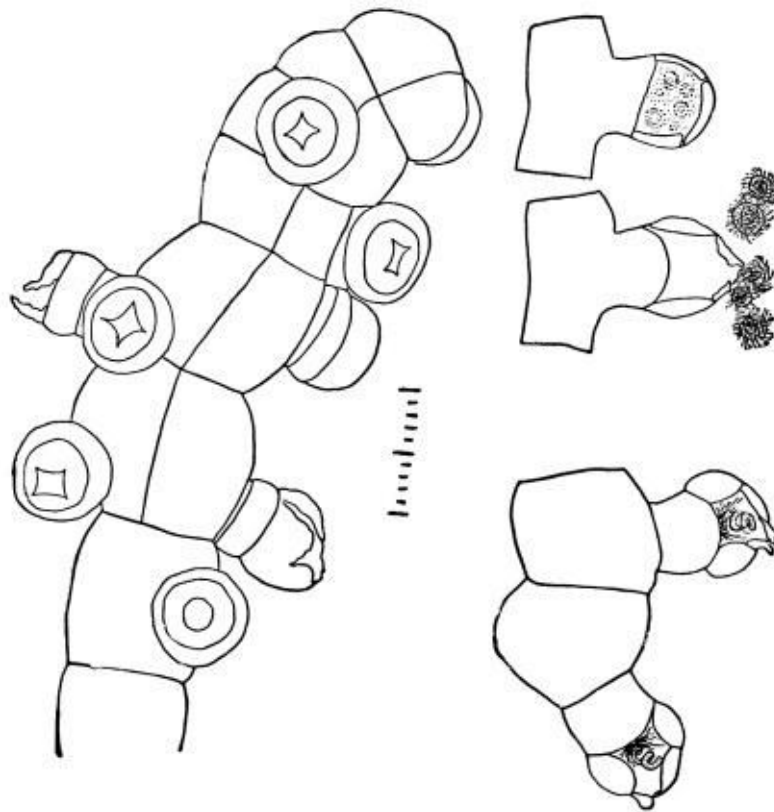


Рис. 305.

Проталлиум самца папоротника (niphobolus), показывающий раскрытые и нераскрытые антеридии; участок нераскрытого антеридия; выходящие сперматозоиды; сперматозоиды, которые не вышли из антеридия.

556. Антеридии.—Если мы поищем среди ризоидов, то увидим небольшие округлые возвышения, как показано на [рис. 297](#) или [305](#), разбросанные по этой части проталлия. Это антеридии. Если проталлии не поливали в течение дня или около того, у нас может быть возможность увидеть сперматозоиды, выходящие из антеридия, поскольку, когда проталлии только что помещены в воду, клетки антеридия поглощают воду. Это давит на содержимое антеридия и разрывает колпачковую клетку, если антеридий созрел, и все

сперматозоиды выбрасываются наружу. Здесь мы можем видеть, что каждый из них имеет форму винта, с витками, которые сначала закрываются. Но когда сперматозоид начинает двигаться, эта спираль несколько раскрывается, и под действием вибрации длинных ресничек, которые находятся на меньшем конце, она закручивается. При таких приготовлениях часто можно увидеть, как они долго вращаются, и только когда они постепенно останавливаются, можно разглядеть их форму.

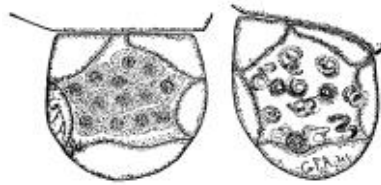


Рис. 306.

Разрез антеридий, показывающий сперматозоиды и сперматозоиды в том, что справа.

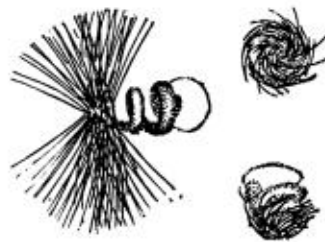


Рис. 307.

Различные виды сперматозоидов; в спокойном состоянии; в движении (*Adiantum concinnum*).

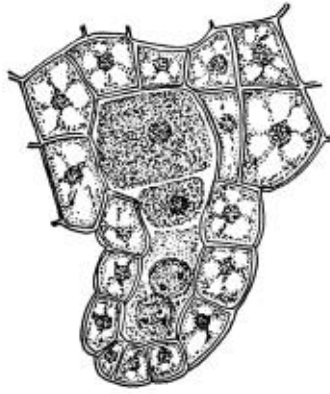


Рис. 308.

Архегониум папоротника. Большая клетка в центре - это яйцеклетка, рядом находится клетка вентрального канала, а в канале шейки находятся два ядра канальной клетки.

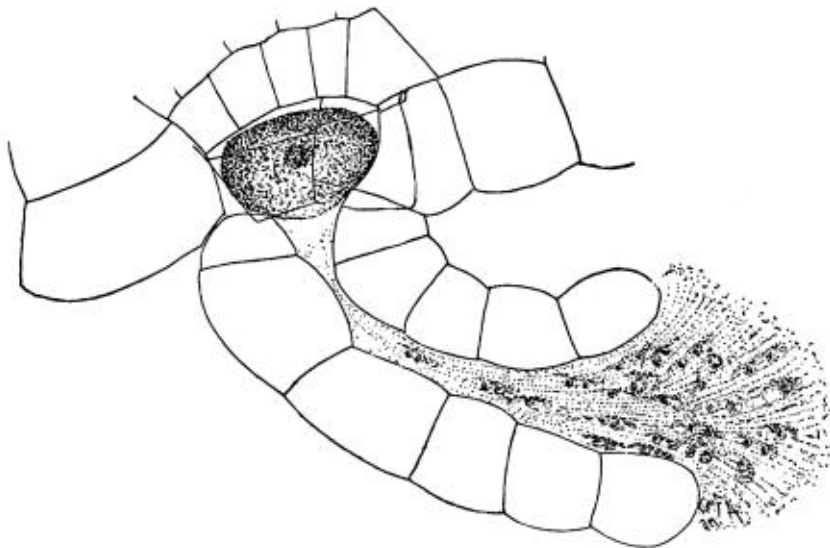


Рис. 309.

Зрелый и открытый архегоний папоротника (*Adiantum cuneatum*) со сперматозоидами, проникающими через слизь к яйцеклетке.

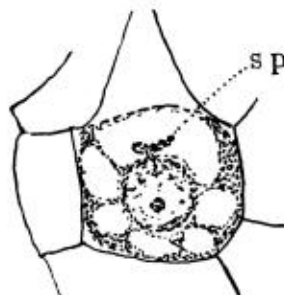


Рис. 310.

Оплодотворение папоротника (Мараттия). *sp*, сперматозоид, сливающийся с ядром яйцеклетки. (По кэмпбеллу.)

557. Архегония. Если мы теперь внимательно изучим более толстую часть нижней поверхности проталлия, сразу за “пазухой”, мы можем увидеть более длинные и прочные выступы с поверхности проталлия. Они показаны на [рис. 297](#). Это архегония. Один из них в продольном разрезе показан на [рис. 308](#). Оно имеет форму колбы, и более широкая часть погружена в ткань проталлия. Яйцеклетка находится в большей части. Когда сперматозоиды плавают по нижней поверхности проталлия, они приближаются к шейке, и здесь они попадают в вязкую субстанцию, которая сочится из канала архегония. Отсюда они медленно плывут вниз по каналу, и, наконец, одна из них погружается в яйцеклетку, сливается с ядром последней, и затем яйцеклетка оплодотворяется. Теперь он готов расти и развиваться в растение папоротника. Это возвращает нас к спорофиту, который начинается с оплодотворенной яйцеклетки.

Спорофит.

558. Эмбрион.—Яйцеклетка сначала делится на две клетки, как показано на [рис. 228](#), затем на четыре. Теперь из каждого из этих секторов зародыша развивается определенная часть растения, из одного - первый лист, из одного - стебель, из другого - корень, а из другого - орган, называемый ножкой, который прикрепляет зародыш к проталии и доставляет зародышу питание до тех пор, пока он не сможет прикрепиться к почве и вести независимое существование. За это время стенка архегониума несколько увеличивается, чтобы приспособиться к увеличению размера зародыша, как показано на [рис. 312, 313](#). Но вскоре стенка архегония разрывается и появляется зародыш, корень прикрепляется к почве, и вскоре проталлиум отмирает.

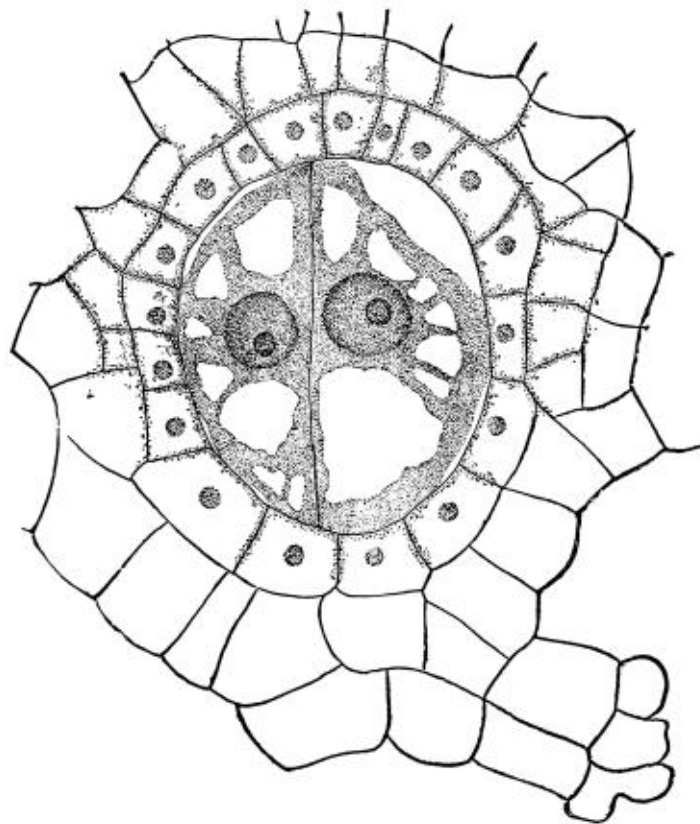


Рис. 311.

Двухклеточный эмбрион *Pteris serrulata*. Остаток шейки архегония внизу.

Зародыш сначала находится на нижней стороне проталлия, а первый лист и стебель изгибаются вверх между долями сердцевидного тела, а затем растут вертикально, как

показано на [рис. 314](#). Обычно на одном проталлиуме формируется только один эмбрион, но в одном случае я обнаружил проталлиум с двумя хорошо сформированными эмбрионами, которые [изображены на рисунке 315](#).

559. Сравнение папоротников с печеночниками и мхами. Таким образом, в папоротниках мы достигли замечательного состояния по сравнению с тем, что мы обнаружили во мхах и печеночниках. У мхов и печеночников половая фаза растения (гаметофит) была наиболее заметной и состояла либо из слоевища, либо из листовой оси, но в любом случае оно имело половые органы и вело независимое существование; то есть оно было способно получать питание из почвы или воды с помощью принадлежащих ему органов поглощения, а также выполняло функцию фотосинтеза.

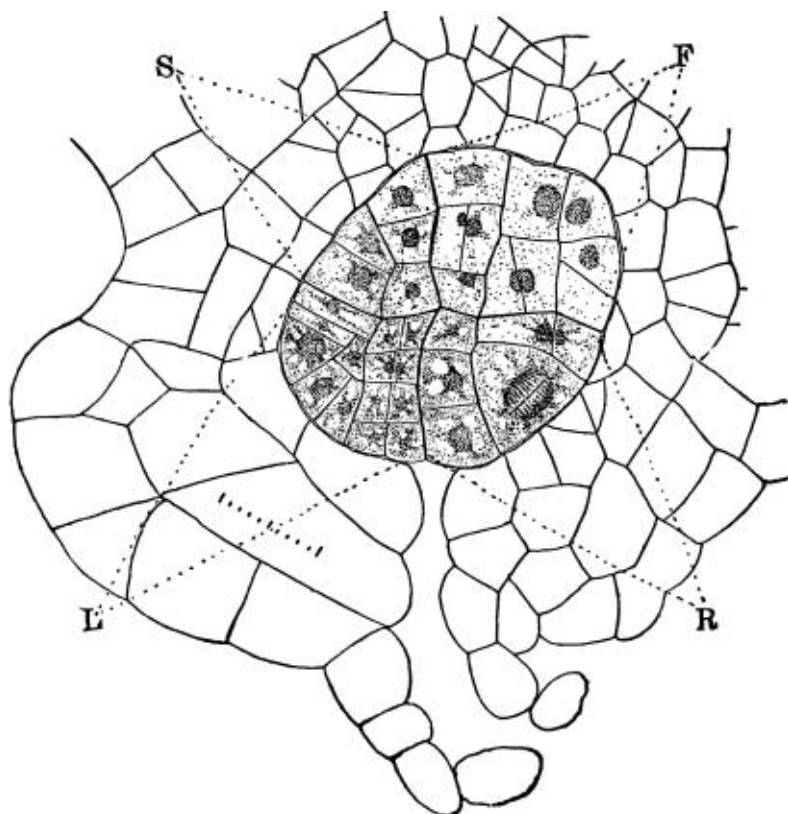


Рис. 312.

Молодой зародыш папоротника (*Adiantum concinnum*) в увеличенном венце архегония. *S*, стебель; *L*, первый лист или семядоль; *R*, корень; *F*, ножка.

560. Спороносная фаза (спорофит) печеночников и мхов, с другой стороны, довольно мала по сравнению с половой стадией, и ее питание полностью зависит от половой стадии, оставаясь постоянно прикрепленной на протяжении всего своего развития с помощью органа, называемого ножкой, и она отмирает после созревания спор.

561. Теперь в папоротниках мы видим несколько поразительных различий. Во-первых, как мы уже отмечали, спороносная фаза (спорофит) растения является наиболее заметной и характеризует само растение. Он также ведет независимое существование и, за исключением нескольких случаев, не погибает после развития спор, а живет из года в год и развивает последовательные посевы спор. Здесь наблюдается *явный прогресс в размере, сложности и постоянстве* этой фазы растения.

562. С другой стороны, половая фаза папоротников (гаметофит), хотя она еще способна вести независимое существование, недолговечна (за очень немногими исключениями). Он также намного меньше большинства печеночников и мхов, особенно по сравнению с

размером фазы, содержащей споры. Таким образом, фаза гаметофита или стадия растений уменьшается в размерах и прочности по мере увеличения стадии спорофита. Нам будет интересно посмотреть, справедливо ли это в отношении союзников папоротника, то есть растений, принадлежащих к той же группе, что и папоротники. И когда мы позже перейдем к изучению высших растений, мы должны иметь в виду продолжить это сравнение и посмотреть, продолжается ли это развитие спорофита, с одной стороны, и продолжается ли также регресс гаметофита с другой.

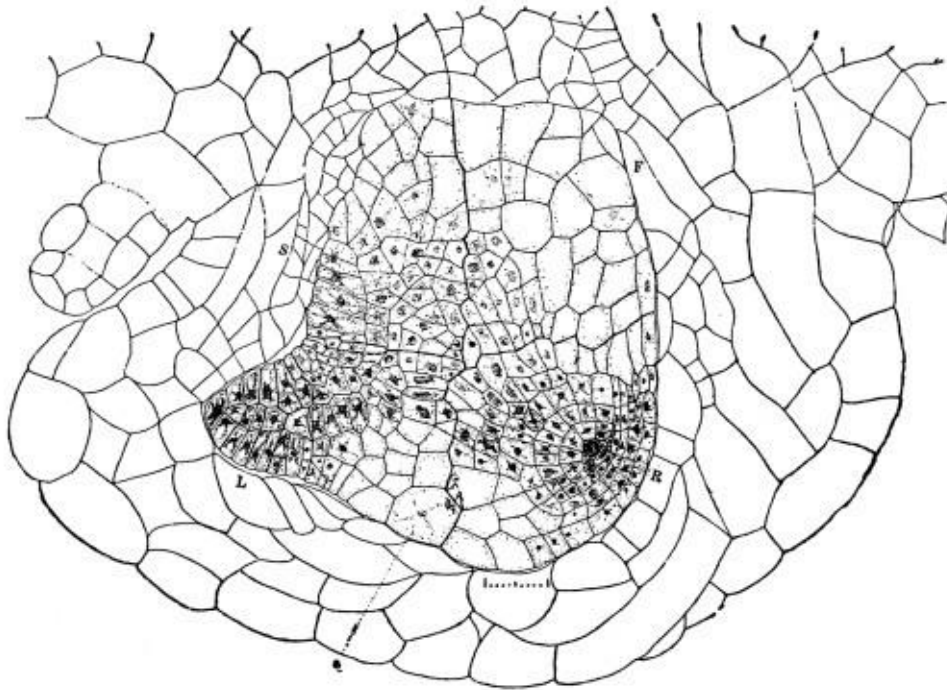


Рис. 313.

Зародыш папоротника (*Adiantum concinnum*) все еще окружен архегонием, который увеличился в размерах, образуя “калиптру”. *L*, лист; *S*, стебель; *R*, корень; *F*, ножка.

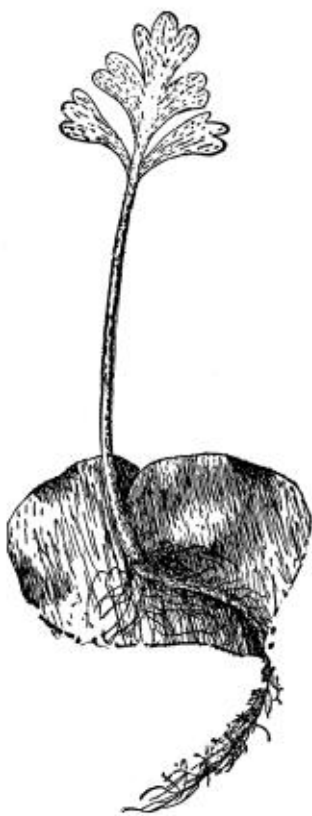


Рис. 314.

Молодое растение *Pteris serrulata*, все еще прикрепленное к проталлиуму.

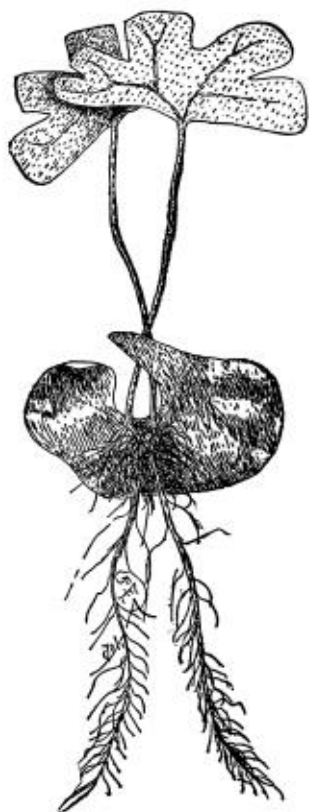


Рис. 315.

Два эмбриона из одного проталлия *Adiantum cuneatum*.

ГЛАВА XXVIII. ДИМОРФИЗМ ПАПОРОТНИКОВ.

563. При сравнении различных представителей серии листьев часто можно увидеть поразительные иллюстрации перехода от одной формы к другой, как мы уже отмечали в случае с цветком триллиума. Это происходит со многими другими цветами, и у некоторых, как у водяной лилии, эти превращения присутствуют всегда, демонстрируя здесь переход от лепестков к тычинкам. В бутоновых чешуйках многих растений, таких как мускатный орех, грецкий орех, смородина и т.д., существуют поразительные различия между формой простых бутоновых чешуек и формой листа. Некоторые из наиболее интересных из этих превращений наблюдаются у диморфных папоротников.

564. Диморфизм в листьях папоротников.—У обыкновенного многоножечного папоротника, девичьего волоса и у многих других папоротников все листья одинаковой формы. То есть нет разницы между плодородным и стерильным листом. С другой стороны, в случае рождественского папоротника мы видели, что оплодотворяющие листья немного отличаются от стерильных, у первых более короткие перья на верхней половине листа. Плодородные перистые побеги здесь самые короткие и выполняют лишь незначительную функцию преобразования углерода. Эту функцию в основном выполняют стерильные листья и стерильные части плодородных листьев. Это короткий шаг к разделению труда между двумя видами листьев, один из которых выполняет в основном работу по преобразованию углерода, а другой - по выращиванию плодов.

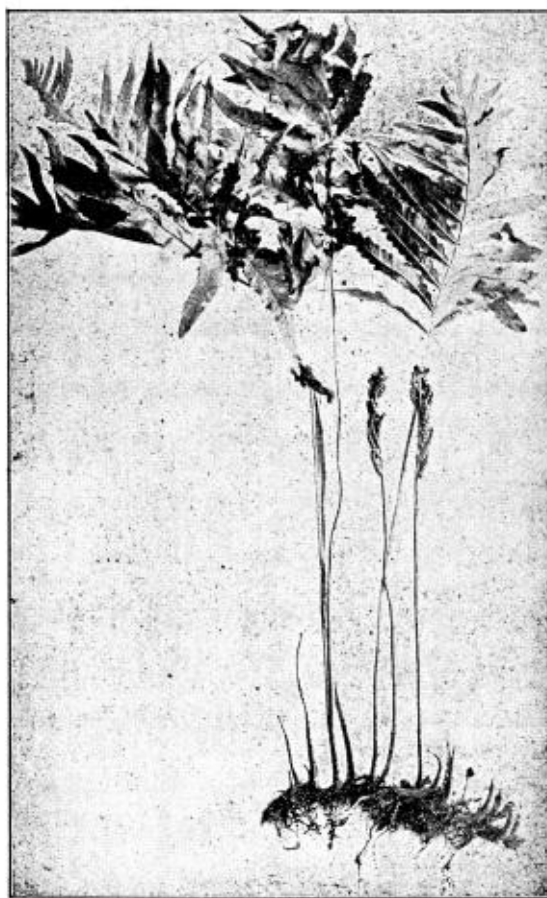


Рис. 316.

Чувствительный папоротник; нормальное состояние вегетативных листьев и спорофиллов.

565. Чувствительный папоротник.— Такое разделение труда доведено до крайней степени в случае с некоторыми папоротниками. Некоторые из наших местных папоротников являются примерами этого интересного отношения между листьями, например, обыкновенный чувствительный папоротник (*Onoclea sensibilis*), страусиный папоротник (*O. struthiopteris*) и коричный папоротник (*Osmunda cinnamomea*). Чувствительный папоротник показан здесь на [рис. 316](#). Бесплодные листья крупные, широко раскрытые и перистые, причем перистые довольно крупные. Оплодотворяющие листья показаны также на рисунке, и поначалу их вообще нельзя было принять за листья. Но если мы внимательно их изучим, то увидим, что общий план листа тот же: два ряда перьев, которые здесь намного короче, чем на бесплодном листе, и перистальтики, или меньшие отделы перьев, свернуты в маленькие сферические образования, которые плотно прилегают к боковым сторонам перьев. Если мы развернем одну из этих верхушек, то обнаружим, что внутри нее находится несколько фруктовых точек, защищенных этим рулетом. Фактически, когда споры созревают, эти перистальтики несколько раскрываются, так что споры могут распространяться.



Рис. 317.

Чувствительный папоротник; один оплодотворяющий лист почти превратился в вегетативный.

В этих плодородных листьях очень мало зеленого цвета, а зеленая поверхность очень мала по сравнению с широким пространством стерильных листьев. Таким образом, здесь существует практически полное разделение труда между этими двумя видами листьев, общий план которых одинаков, и мы распознаем каждый из них как лист.



Рис. 318.

Чувствительный папоротник, показывающий один вегетативный лист и два полностью трансформированных спорофилла.

566. Превращение фертильных листьев *onoclea* в стерильные.—Не так уж редко можно встретить растения чувствительного папоротника, которые демонстрируют промежуточные состояния стерильности и фертильности листа. Несколько лет назад некоторые считали, что это представитель другого вида, но теперь известно, что эти промежуточные формы представляют собой частично трансформированные оплодотворяющие листья. В случае с чувствительным папоротником очень легко произвести эти преобразования экспериментальным путем. Если весной, когда стерильные листья достигают высоты 12-16 см (8-10 дюймов), их срезать, а затем снова, когда они во второй раз достигнут той же высоты, некоторые из плодоносящих листьев, которые развиваются позже, будут преобразованы. Несколько лет назад я срезал стерильные листья с довольно большого участка чувствительного папоротника, один раз в мае и еще раз в июне. В июле, когда над землей появлялись плодородные листья, многие из них частично или полностью превращались в стерильные. В общей сложности около тридцати растений продемонстрировали эти превращения, так что были получены все мыслимые градации между двумя видами листьев.

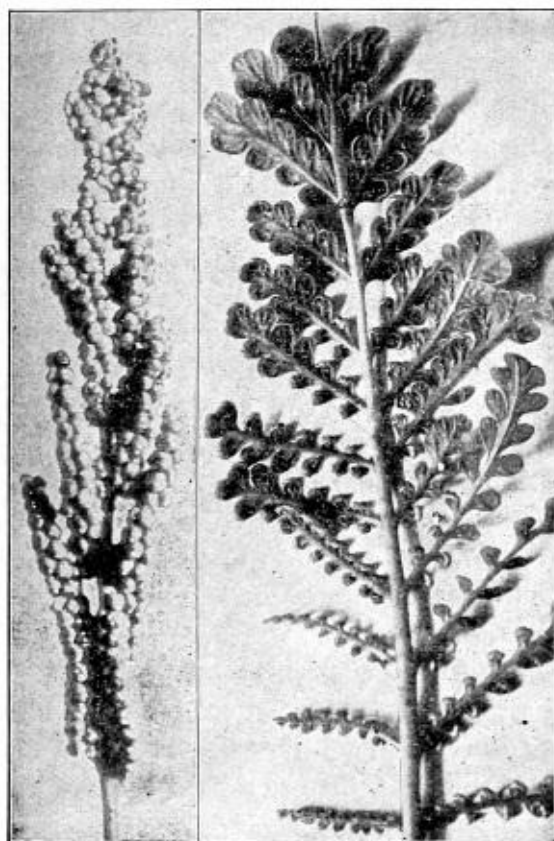


Рис. 319.

Нормальный и трансформированный спорофилл чувствительного папоротника.

567. Довольно интересно внимательно проследить за формой этих измененных листьев, чтобы увидеть, как это изменение повлияло на верхушки и спорангии. Мы отмечаем, что кончик листа, а также кончики всех перьев более расширены, чем их прикорневые части. Это связано с тем, что кончик листа развивается позже прикорневых частей. В то время, когда до них дошел стимул к изменению развития оплодотворяющих листьев, они были частично сформированы, то есть прикорневые части оплодотворяющих листьев были более или менее развиты и закреплены и не могли изменяться. Однако те части листа, которые еще не были полностью сформированы, под действием этого стимула или в результате корреляции роста стимулируются к вегетативному росту и более или менее полностью разрастаются в вегетативные листья.

568. Спорангии уменьшаются по мере разрастания плодородного листа.—Если мы теперь исследуем спорангии на следующих друг за другом верхушках частично трансформированного листа, мы обнаружим, что в случае, если нижние верхушки вообще не изменены, спорангии в норме. Но когда мы переходим к вершинкам, которые демонстрируют возрастающие изменения, то есть те, которые все больше и больше разрастаются, мы видим, что количество спорангий уменьшается, и многие из них стерильны, то есть не несут спор. Выше видны только зачатки спорангий, пока на более разросшихся верхушках спорангии больше не образуются, но все еще можно увидеть следы индузии. На некоторых измененных листьях единственными свидетельствами того, что лист когда-то начал формировать плодородный лист, являются следы этих растений. В некоторых из этих случаев трансформированный лист был даже больше стерильного.

569. Страусиный папоротник.—Аналогичные изменения произошли и в случае со страусиным папоротником, и на [рис. 319](#) слева показан нормальный плодородный лист, затем частично измененный, а справа полностью трансформированный.

570. Диморфизм у тропических папоротников.—Очень интересные формы диморфизма наблюдаются у некоторых тропических папоротников. Один из них часто можно увидеть растущим в оранжереях для растений, и известен как стагхорновый папоротник (*Platycerium alcicorne*). Это растение в природе растет прикрепленным к стволам довольно крупных деревьев на значительных высотах над деревом, иногда окружая дерево массивной порослью. Один вид листьев, который может быть как плодородным, так и стерильным, узкий и своеобразно разветвленный, так что он чем-то напоминает разветвление рога оленя. Под ними находятся другие листья, которые отличаются по форме и стерильны. Эти листья широкие и плотно прилегают к корням и основаниям других листьев. Здесь они служат для улавливания и удержания влаги, а также для улавливания листьев и других растительных веществ, которые падают с деревьев. В таком положении листья загнивают, а затем служат пищей для папоротника.

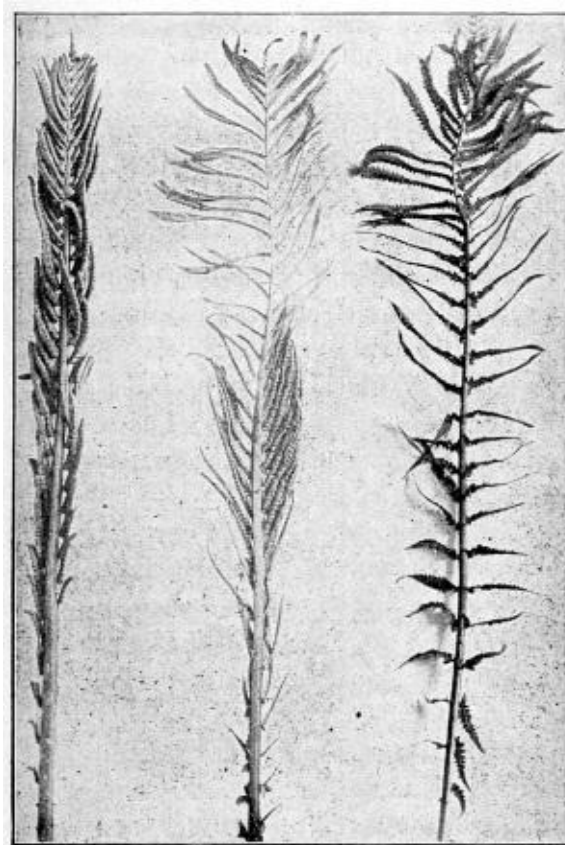


Рис. 320.

Папоротник страусиный, имеющий один нормальный спорофилл, один частично трансформированный и один полностью трансформированный.

ГЛАВА XXIX. ХВОЩИ.

571. Среди родственников папоротников есть хвощи, названные так из-за предполагаемого сходства разветвленных стеблей некоторых видов с конским хвостом, как можно было бы заключить из растения, показанного на [рис. 325](#). Они не имеют ни малейшего сходства с папоротниками, которые мы изучали. Но тогда родство у растений зависит не от простого сходства внешней формы или выступающей части растения.



Рис. 321.

Часть плодородного растения *Equisetum arvense* с завитушками листьев и плодоносящим колосом.

572. Поле equisetum. Плодоносящие побеги.—[На рис. 321](#) представлен хвощ полевой обыкновенный (*Equisetum arvense*). Он растет во влажных песчаных или щебнистых местах, и плодоносящая часть растения (поскольку этот вид диморфный), то есть та часть, на которой находятся споры, появляется над землей ранней весной. Это одно из первых растений, которое выглядывает из недавно промерзшей земли. Этот плодородный побег растения не начинает расти так рано весной. Его развитие происходит под землей осенью, так что с приходом весны он без промедления выталкивается наверх. Этот побег от 10 до 20 см. высокий, и через довольно равные промежутки времени на нем имеются небольшие наросты - узлы стебля. Цилиндрические участки между узлами являются междоузлиями. Если мы внимательно изучим область междоузлий, то заметим, что там есть тонкие перепончатые чешуйки, более или менее треугольные по очертаниям, соединенные у своих оснований в кольцо вокруг ножки. Как ни странно, это листья полевого хвоща. Если мы рассмотрим его подробнее, то увидим, что на стебле имеются многочисленные гребни, которые тянутся вдоль и чередуются с бороздками. Далее, гребни одного узла чередуются с гребнями междоузлия как вверх, так и вниз. Аналогично, листья одного узла чередуются с гребнями узлов как вверх, так и вниз.



Рис. 322.

Кожистый спорофилл хвоща (вид сбоку), видны спорангии с нижней стороны.

573. Спорангии.—Конец этого плодового побега, который мы видим, имеет расширение от цилиндрической до конической формы. Это *плодородный колос*, и мы

отмечаем, что его поверхность размечена на регулярные участки, если споры еще не распространились. Если мы срежем несколько таких частей плодоносящего колоса и рассмотрим одну из них с небольшим увеличением, она будет выглядеть так, как показано на [рис. 322](#). Здесь мы видим, что угловая область представляет собой тело в форме диска со стеблем, прикрепленным к его внутренней поверхности, и с несколькими длинными мешочками, выступающими с его внутренней стороны параллельно стеблю и окружающими его. Эти удлиненные мешочки являются *спорангиями*, а диск, на котором они расположены, вместе со стеблем, который прикрепляет его к оси стебля, является *спорофилломи*, таким образом, принадлежит к листовому ряду. Эти спорофиллы расположены тесными завитками по оси.

574. Споры.—Когда споры созревают, ткань спорангия становится сухой, он трескается, и споры выпадают наружу. Если мы посмотрим на [рис. 323](#), мы увидим, что спора покрыта очень своеобразным клубком, который лежит близко к стенке. Когда споры высыхают, они разматываются и таким образом перекатываются по кругу. Простого дыхания на эти споры достаточно, чтобы заставить их совершать очень любопытные эволюции, скручиваясь в эти четыре спирали, которые прикреплены к одному месту стены. Они образуются в результате расщепления внешней стенки споры.

575. Стерильный побег полевого хвоща обыкновенного.—Когда споры созревают, они вскоре рассыпаются, и тогда плодородный побег отмирает. Вскоре после этого, или даже когда некоторые из плодородных побегов все еще находятся в хорошем состоянии, над землей начинают появляться стерильные побеги растения. Один из них показан на [рис. 325](#). У него гораздо более тонкий стебель и множество ответвлений. Если мы исследуем стебель этого побега и ветви, мы увидим, что присутствуют листья одного и того же вида и что отметины на стебле схожи. Поскольку листья хвоща полевого перепончатые, а не зеленые, стебель имеет зеленый цвет, и это выполняет функцию фотосинтеза. Эти зеленые побеги живут большую часть сезона, накапливая материал, который уносится вниз, в подземные стебли, откуда осенью поступает на питание формирующихся плодородных побегов. Выкапывая некоторые из этих растений, мы видим, что подземные стебли часто имеют большую протяженность и что как плодородные, так и стерильные побеги прикреплены к одному и тому же месту.



Рис. 323.

Споры *equisetum* со свернутыми верхушками.



Рис. 324.

Споры *equisetum* с распущенными надкрыльями.



Рис. 325.

Бесплодное растение хвоща полевого (*Equisetum arvense*).

576. Чистильщик, или бритвенная трава.— Другой распространенный вид хвоща в Северных Штатах растет на влажных берегах или в песчаной почве, содержащей влагу, вдоль железнодорожных насыпей. Это чистильщик (*E. hyemale*), названный так потому, что когда-то его использовали для полировки. У этого растения, как и у всех видов хвощей, есть подземные стебли. Но в отличие от обыкновенного полевого хвоща, существует только один вид воздушных побегов, которые имеют зеленый цвет и плодovitость. Побеги достигают высоты одного метра или более и довольно крепкие. Новые побеги, которые появляются в течение года, не разветвляются и несут плодородный шип на верхушке. Когда споры созревают, верхушка побега отмирает, и в следующем сезоне из нескольких узлов могут образоваться небольшие веточки.

577. Гаметофит *equisetum*.— Споры хвоща содержат хлорофилл, когда они созревают, и они способны прорасти сразу после созревания. Все споры одинакового размера, как мы обнаружили в случае с папоротниками. Но у них развиваются проталлии разного размера, в зависимости от количества получаемой ими пищи. Те, которые получают мало питательных

веществ, мельче и развивают только антеридии, в то время как те, которые получают больше питательных веществ, становятся крупнее, более или менее разветвленными и развивают архегонии. Этот характер независимого проталлия (гаметофита) с характерными половыми органами, а также независимого спорофита со спорами показывает родство хвощей с папоротниками. Таким образом, мы видим, что эти признаки репродуктивных органов, а также фазы развития и плодоношения растения более важны для определения взаимоотношений между растениями, чем простые внешние проявления.

ГЛАВА XXX. КЛУБ МХОВ.



Рис. 326.

Lycopodium clavatum, ветвь с двумя плодоносящими шипами; справа спорофилл с открытым спорангием; рядом с ним одиночная спора.

578. Так называемые “клубневые мхи” составляют еще одну группу интересных растений, которые считаются союзниками папоротников. Конечно, это не настоящие мхи, но общий вид некоторых более мелких видов, и особенно форма и размер листьев, наводят на мысль о сходстве с более крупными мохообразными растениями.

579. Ключичный ликоподий.— Вот один из клубневидных мхов ([рис. 326](#)), который имеет широкое распространение и который имеет полное право называться клубневидным из-за формы прямостоячих булавовидных ветвей. Как видно из иллюстрации, у него распростертый стебель. Этот стебель тянется на значительные расстояния по поверхности земли, часто частично утопая в листьях, а иногда даже под землей. Листья довольно мелкие, сплюснуто-шиловидной формы, густо расположены на стебле по спирали, что является обычным расположением листьев клубневых мхов. Кое-где встречаются вертикальные ветви, которые раздваиваются несколько раз. Конец одной или нескольких из этих ветвей превращается в тонкий вертикальный стебель, который почти безлистен, листья превращаются в простые чешуйки. Конец этой безлистной ветви затем заканчивается одной или несколькими цилиндрическими головками, которые образуют клубину.

580. Плодоносящий колосок *Lycopodium clavatum*.—Эта булава представляет собой плодоносящий шип или головку (иногда называемую *стробилусом*). Здесь листья снова крупнее и шире, но все же не такие крупные, как листья на ползучих побегах, и они более бледные. Если мы отогнем некоторые листья или оторвем несколько, мы увидим, что в пазухе листа, там, где он соединяется со стеблем, находится несколько округлое тело в форме почки. Это споровая коробочка, или спорангий, как мы можем видеть, изучив ее содержимое. На каждом из оплодотворяющих листьев имеется всего по одной споровой коробочке (спорофиллу). Когда он созревает, он открывается поперечной щелью, как показано на [рис. 326](#). Когда мы рассматриваем количество спороносниц в одном из этих булавовидных плодовых телец, мы видим, что количество спор, развившихся в крупном растении, огромно. В массе споры образуют очень мелкий, мягкий порошок, который используется для изготовления некоторых видов пиротехнических материалов и для различных туалетных целей.

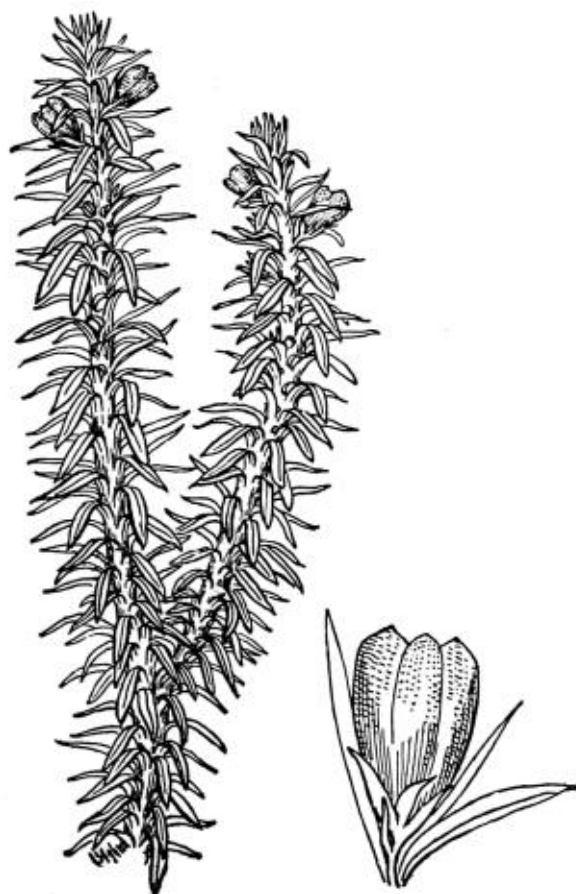


Рис. 327.

Lycopodium lucidulum, луковички в пазухах листьев ближе к верхушке, спорангии в пазухах листьев под ними. Справа - увеличенная луковичка.

581. *Lycopodium lucidulum*.—Другой распространенный вид [указан под номером 327](#). Это *Lycopodium lucidulum*. Повадки растения совсем другие. Оно растет во влажных оврагах, лесах и на вересковых пустошах. Более старые части стебля распростерты, в то время как ветви более или менее восходящие. Ветвится раздвоенно. Листья крупнее, чем у первого вида, и все они одинакового размера, заметной разницы между стерильными и фертильными нет. Характерной клубинки здесь нет, но споровые оболочки занимают определенные участки стебля, как показано на рис. 327. За один сезон на одном участке стебля могут появиться спороношения, а затем развивается стерильная часть того же стебля, которая позже несет еще одну серию спороношений выше.

582. Луковички на *Lycopodium lucidulum*.—Существует один любопытный способ размножения этого клубневого мха. Среди верхних листьев часто можно увидеть маленькие зеленые тельца клиновидной или сердцевидной формы, но немного крупнее обычных листьев. Это маленькие бутоны, которые содержат рудиментарный побег и корень, а также несколько толстых зеленых листьев. Когда они падают на землю, из них вырастают новые растения *lycopodium*, точно так же, как это делают луковички *cystopteris*, которые были описаны в [главе о папоротниках](#).

583. Примечание.—Проталлии вида *lycopodium*, которые были изучены, являются единичными объектами. У *L. cernuum* образуется утопленное в землю цилиндрическое тело, а с верхней поверхности выступают зеленые доли. У *L. phlegmaria* и некоторых других образуются тонкие разветвленные бесцветные тельца, которые, согласно Треубу, растут как сафротиты в гнилой коре деревьев. У многих исследованных проталлиев в тканях растет грибок, который, как предполагается, играет определенную роль в питании проталлиума.

Маленькие клубневидные мхи (selaginella).

584. Близкородственными к клубневидным мхам являются селлагинеллы. Эти растения очень напоминают по внешнему виду клубневые мхи, но, как правило, меньше, а листья более нежные. Некоторые виды выращивают в оранжереях для украшения, листья таких растений обычно имеют красивый металлический блеск. Листья у некоторых расположены так же, как у *lucorodium*, но у многих видов листья расположены в четыре-шесть рядов. [На рис. 328](#) представлена часть растения *selaginella* (*S. apus*). Плодоносящий колос имеет похожие листья, но они короче, и их расположение придает колосу четырехгранный вид.



Рис. 328.

Селлагинелла с тремя плодonoжками. (*Selaginella apus*.)



Рис. 329.

Плодоножка с крупными и мелкими спорангиями.



Рис. 330.

Крупный спорангий.



Рис. 331.

Небольшой спорангий.

585. Спорангии.— Исследуя плодоносящий колос, мы обнаруживаем, как и у *Luscorodium*, что в пазухе плодоносящего листа имеется всего один спорангий. Но мы видим, что они бывают двух разных видов: маленькие в пазухах верхних листьев и крупные в пазухах нескольких нижних листьев колоса. *Микроспоры* находятся в более мелких споровых коробочках, а *макроспоры* - в более крупных. [На рисунках 329-331](#) приведены подробности. В одной маленькой споровой коробочке много микроспор, но в большой споровой коробочке 3-4 макроспоры.

586. Проталлии самцов.Проталлии селлагинелл представляют собой сильно редуцированные структуры. Созревшие микроспоры уже разделены на две клетки. Когда они вырастают в зрелый проталлиум, образуется еще несколько клеток, и некоторые из внутренних клеток образуют сперматозоиды, как показано на [рис. 332](#). Здесь мы видим, что сам антеридий крупнее проталлии. На проталлиях, образованных из микроспор, развиваются только антеридии, и по этой причине проталлии называются *мужскими проталлиями*. На самом деле мужской проталлий селлагинеллы почти полностью состоит из антеридия, настолько редуцированным здесь стал гаметофит.

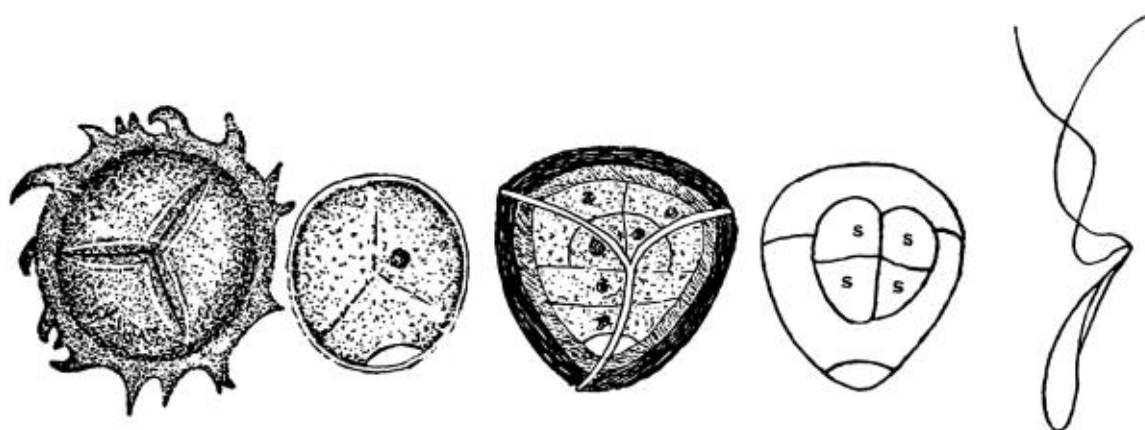


Рис. 332.

Детали микроспоры и проталлиума самца селлагинеллы; 1-я микроспора; 2d, стенка удалена, чтобы показать маленькую проталлиальную клетку внизу; 3d, проталлиум зрелого самца все еще внутри стенки; 4-я, маленькая клетка внизу - проталлиальная клетка,

остальное - антеридий со стенкой и четырьмя сперматозоидами внутри; 5-й сперматозоид. В честь Беляева и Пфеффера.

587. Женские проталлии.— Женские проталлии развиваются из макроспор. Созревшие макроспоры имеют шероховатую, толстую, твердую стенку. Женский проталлий начинает развиваться внутри макроспоры еще до того, как покинет спорангий. У стенки споры и на верхнем конце протоплазма богаче. Здесь ядро делится огромное количество раз, и, наконец, образуются клеточные стенки, так что внутри стенки споры образуется ткань значительной протяженности, которая сильно отличается от того, что происходит у папоротников, которые мы изучали. По мере созревания проталлия споры трескаются в точке, где сходятся три угла, как показано на [рис. 334](#). На этой открытой поверхности развиваются архегонии, и некоторые из них можно увидеть на рисунке.

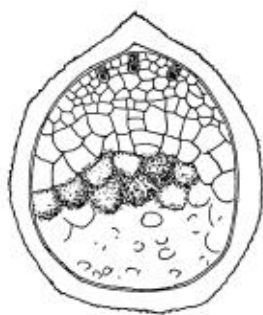


Рис. 333.

Срез зрелой макроспоры селлагинеллы, показывающий женский проталлиум и архегонии. В честь Пфеффера.

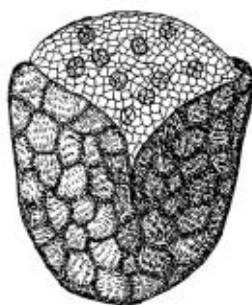


Рис. 334.

Зрелый женский проталлий селлагинеллы, только что прорвавший стенку макроспоры, обнажая архегонии. По Пфефферу.



Рис. 335.

Сеянец селлагинеллы все еще прикреплен к макроспоре. В честь Кэмпбелла.

588. Эмбрион.—После оплодотворения яйцеклетка делится таким образом, что длинная клетка, называемая суспензором, отсекается с верхней стороны, которая удлиняет и толкает развивающийся эмбрион вниз, в центр споры, или того, что сейчас является женским проталлием. Здесь он получает питание из тканей проталлия, и в конечном итоге появляются корень и стебель, в то время как отросток, называемый “ножкой”, все еще прикреплен к проталлию. Когда корень закрепляется в почве, зародыш становится свободным.

ГЛАВА XXXI. ПЕРЬЕВЫЕ ЧЕРВИ (ИЗОЭТЫ).



Рис. 336.

Изоэты, взрослое растение, стадия спорофита.

589. Перьевые черви, как их называют в народе, - очень любопытные растения. Они растут во влажных болотистых местах. Они получили свое название из-за предполагаемого сходства листа с пером. [На рис. 336](#) изображен один из таких перьевых червей (*Isoetes engelmannii*). Листья - это видная часть растения, и это практически все, что можно увидеть, кроме корней, не снимая листьев. Вы увидите, что каждый лист длинный и похожий на иглу, за исключением прикорневой части, которая расширена и по очертаниям не очень похожа на чешую лука. Эти расширенные прикорневые части листьев плотно перекрывают друг друга, а очень короткий стебель все время полностью покрыт. [Рис. 338](#) взят из продольного разреза остролистника. На нем показана форма листьев с этого вида (вид сбоку), а также общий контур короткого стебля, который имеет треугольную форму. Следовательно, стебель - очень короткий объект.

590. Спорангии изоэт.—Если мы сорвем несколько листьев растения, то увидим, что они имеют форму ложки, как на [рис. 337](#). На внутренней поверхности расширенного основания мы замечаем круглое углубление, которое, по-видимому, имеет текстуру, отличную от других частей листа. Это *спорангий*. Рядом со спорами на внутренней стороне спорангия находятся нити стерильной ткани, которые тянутся поперек полости. Это характерно для изоэт всех представителей класса растений, к которому принадлежат папоротники, но следует помнить, что у некоторых печеночников обнаружены стерильные нити ткани в виде выростов.

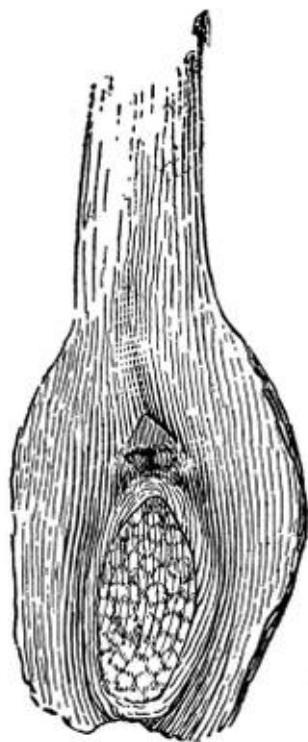


Рис. 337.

Основание листа изозэты, показывающий спорангий с макроспорами. (*Isoetes engelmannii*.)

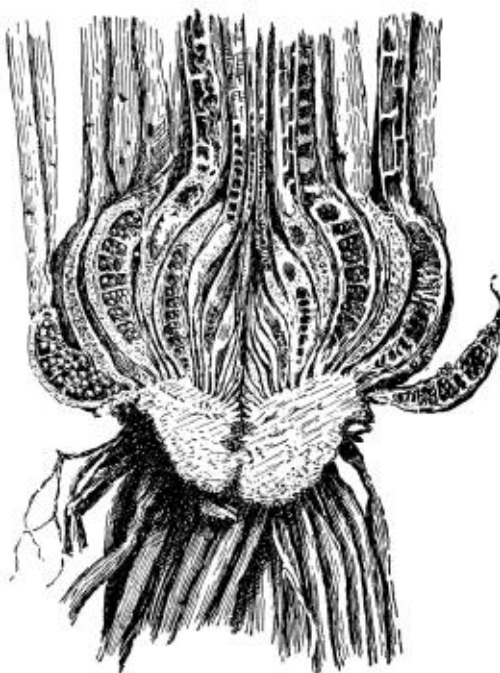


Рис. 338.

Разрез растения *Isoetes engelmannii*, показывающий чашевидный стебель и продольные срезы спорангий в утолщенных основаниях листьев.

591. Споры изозет бывают двух видов: мелкие (микроспоры) и крупные (макроспоры), так что в этом отношении они сходны с *selaginella*, хотя и сильно отличаются в других отношениях. Когда один вид спор содержится в спорангии, обычно все в этом спорангии относятся к одному виду, так что некоторые спорангии несут микроспоры, а другие - макроспоры. Но нередко оба вида встречаются в одном и том же спорангии. Когда

спорангий содержит только микроспоры, их количество намного больше, чем когда он содержит только макроспоры.

592. Если мы рассмотрим некоторые микроспоры изоэты, мы увидим, что они имеют форму четвертинки яблока, то есть они двустороннего типа, как это наблюдается у некоторых папоротников (асплениум).

593. Проталлия самца.— У изоэты, как и у селлагинеллы, микроспоры развивают только мужские проталлии, и они очень рудиментарны, одно деление споры происходит до того, как она становится зрелой, как и у селлагинеллы.

594. Женские проталлии.— Развиваются из макроспор. Последние относятся к тетраэдрическому типу. Развитие женского проталлия происходит во многом так же, как у селлагинеллы, весь проталлий заключен в макроспору, хотя деление клеток происходит после того, как он покинул спорангий. Когда архегонии начинают развиваться, макроспора трескается под тремя углами, и поверхность, на которой расположены архегонии, слегка выступает, как у селлагинеллы. Поглощающие органы в виде ризоидов образуются очень редко.

595. Эмбрион. Эмбрион хорошо погружен в ткань проталлия, хотя в нем нет развитого суспензора, как у селлагинеллы.

ГЛАВА XXXII.

СРАВНЕНИЕ ПАПОРОТНИКОВ И ИХ РОДСТВЕННИКОВ.

596. Сравнение селлагинелл и изоэт с папоротниками.—Сравнивая селлагинеллы и изоэты с папоротниками, мы видим, что спорофит, как и у папоротников, является выступающей частью растения. У него есть корень, стебель и листья. Хотя эти растения не так велики по размеру, как некоторые из папоротников, все же мы видим, что спорофиты селлагинелл и изоэт значительно продвинулись вперед по сравнению со спорофитами папоротников. Между спорофиллами существует разделение труда, при котором некоторые из них несут микроспорангии с микроспорами, а некоторые несут макроспорангии только с макроспорами. У папоротников и хвощей есть только один вид спорофилла, спорангий, и споры у одного вида. Благодаря такому разделению труда, или дифференциации, между спорофиллами, один вид спор, микроспора, вынужден образовывать мужской проталлиум, в то время как другой вид спор, макроспора, вынужден образовывать женский проталлиум. Это представляет собой развитие спорофита очень важной природы.

597. Сравнивая гаметофит селлагинелл и изоэт с гаметофитом папоротников, мы видим, что произошло еще большее уменьшение размеров по сравнению с тем, которое мы обнаружили у независимого и крупного гаметофита печеночников и мхов. У папоротников, хотя их количество сокращается, они все еще образуют ризоиды и ведут самостоятельный образ жизни, поглощая собственные питательные вещества и ассимилируя углерод. У селлагинелл и изоэт гаметофит не отделяется от споры, не образует поглощающих органов и не развивает ассимилятивную ткань. Восстановленный проталлий развивается за счет пищи, запасенной спорофитом во время развития споры. Таким образом, хотя гаметофит у селлагинелл и изоэт отделен от спорофита, на самом деле он зависит от него в плане поддержки или питания.

598. Важные общие признаки, которыми обладают папоротники и их так называемые союзники, как мы выяснили, заключаются в следующем: Спороносная часть, которой является папоротниковое растение, ведет независимое от проталлия существование и образует корень, стебель и листья. Споры содержатся в спорангиях на листьях. Проталлиум также ведет независимое существование, хотя у изоэт и селлагинелл он стал почти полностью зависимым от спорофита. Проталлиум также имеет хорошо развитые антеридии и архегонии. Корень, стебель и листья спорофита покрыты сосудистой тканью. Все папоротники и их союзники сходятся во мнении о наличии этих признаков. У мхов и печеночников хорошо развиты антеридии и архегонии, а у высших растений есть сосудистая ткань. Но ни одно растение ни одной из этих групп не обладает теми совокупными признаками, которые мы находим у папоротников и их сородичей. Последние, следовательно, являются папоротниковидными растениями, или *птеридофитами*. Живые формы pteridophyta следующим образом подразделяются на семейства или отряды. ([См. стр. 295.](#))

599.

ТАБЛИЦА, ПОКАЗЫВАЮЩАЯ СООТНОШЕНИЕ ГАМЕТОФИТОВ И СПОРОФИТОВ У
ПТЕРИДОФИТОВ.

ГАМЕТОФИТ. (Становится меньше, в основном независим.	СПОРОФИТ (Самая большая часть растения. Растение	Начало ГАМЕТОПХ
--	--	--------------------

У селлагинелл и изоев становится зависимой от спорофита.)		папоротника. Независимое от гаметофита, и более выносливое, чем, . Обычно многолетнее растение.)	АЙТА.
ВЕГЕТАТИВ НАЯ ЧАСТЬ.	ПОЛОВЫЕ ОРГАНЫ.	Начало OF ВЕГЕТАТИ ВНАЯ ЧАСТЬ. ПЛОДОНО СЯЩАЯ ЧАСТЬ.	ПЛОДОНО СЯЩАЯ ЧАСТЬ.
Зеленый, тонкий, разросшийся, сердцевидный нараст с ризоидами.		Оплодотворенная яйцеклетка. (Развивается в растении папоротника.)	Спороангии на листе. Все одного вида. Спороангии содержат....

ПАПОРОТНИК и. (Polypodiaceae.)	Антеридии со сперматозоидами.	А рхегонии, каждая с яйцом.	Споры.
--------------------------------------	-------------------------------	--------------------------------------	--------

Equisetum .	Зеленый, тонкий, разросшийся, лопастной нараст с ризоидами.	Обычно два вида на разных проталлиях.	Оплодотворенная яйцеклетка. (Развивается в растении equisetum.)	Корень, стебель, , лист.	Спороангии на спорофиллах. Все одного вида. Спороангии содержат....	Споры.
Антеридии		Архегонии				

еридии	егонии
на	на
малень	более
ких	крупны
мужски	х
х	женски
протал	х
лиях, со	протал
сперма	лиях,
тозоид	каждая
ами.	с
	яйцом.

Изоэты.	Бесцветная, округлая масса клеток внутри стенки споры, На разных обычно без проталлиях.				Спо	рангии		Микро споры.	
					Кор	двух			
					ень,	видов.			
					стебел	Малень			
					ь, лист.	кие			
					Стебел	содерж			
					ь очень	ат			
					Опл				
					коротк				
					ий.				
Изоэты.	Мал	Кру	Оди	одотво	коротк			Макросп оры.	
	енькие,	пные,	н	ренная	Листья				
	мужски	женск	антери	яйцекл	несут				
	е.	ие.	дий,	архегон	етка.	споран			
	Развил	Развив	намног	ий, на (Разви	гии в				
	ся в	ается	о	вершин	вается	углубл			
	малень	из	больше	е	в	ениях			
	кую	питате	, чем	овальн	растен	у	Кру		
	протал	льных	единст	ого	ие	основа	пные		
	лиальн	вещест	венная	бесцвет	isoetes.	ния;	содерж		
Изоэты.	ую	в,	протал	ного	)	наруж	ат	Макросп оры.	
	клетку	храня	лиальн	женско		ные			
	и	щихся	ая	го		листья			
	антери	в	клетка.	протал		обычн			
	дную	макрос	Антери	лия,		о			
	клетку	пор	дий со	каждая		содерж			
	еще в	спороф	сперма	с		ат			
	споран	ита.	тозоид	яйцом.		макрос			
	гии.		ами.			поранг			
	Селагине ллы.	Бесцветная, округлая масса клеток внутри стенки споры, На разных проталлиях.				внутре	Опл		Кор
				нии	одотво	ень,	пора		
				микрос	ренная	стебел	нгии		
				поранг	яйцекл	ь, лист.	двух		
				ии.	етка.	Спорон	видо		
					(Разви	осные	в.		
					вается	листья	Мал		
					в	группи	еньк		

						растен	руются	ие
						ие	d	на соде
						селаги	конце	ржат
						нелла.)	стебля	
							в виде	
							шипа.	
							Нижни	
							е несут	
							макрос	
							поранг	
							ии,	
							верхни	
							е	-
							микрос	
							поранг	Макро
							ии.	споры.

Классификация птеридофитов.

Из ныне живущих птеридофитов можно выделить четыре класса.

КЛАСС FILICINEÆ.^[34]

К этому классу относятся папоротники. Можно выделить четыре порядка.

600. Отряд Ophioglossales. (Одно семейство, Ophioglossaceae).—В этот отряд входят грейпфруты (Botrychium), названные так из-за большого ботриоидного скопления спорангий, напоминающего гроздь винограда; и гадючий язычок (Ophioglossum), спорангии которого встроены в длинный языковидный вырост из зеленого листа. Ботрихиум и офиоглоссум широко распространены. Корни мясистые, почти лишены корневых волосков и содержат эндофитный гриб, так что корни представляют собой микоризу. Гаметофит находится под землей и лишен хлорофилла. У Botrychium virginianum в проталлиуме был обнаружен эндофитный гриб. Другой род (Helminthostachys) с одним видом ограничен Ост-Индией.

601. Отряд Маратиевые (Одно семейство, Marattiaceae).—Это тропические папоротники, насчитывающие всего четыре или пять ныне живущих родов (Marattia, Danae и др.). Они напоминают типичные папоротники, но спорангии обычно объединены, несколько из них образуют сложный спорангий, или *синангий*.

Офиоглоссальные и мараттиальные известны как эуспорангиевые папоротники, в то время как следующий порядок включает лептоспорангиевые папоротники.

602. Порядок филиальные.—В этот отряд входят типичные папоротники. Известно восемь семейств.

Семейство Осмундовые.—В этом семействе известны три рода. У *Osmunda* есть несколько видов, три из которых встречаются на востоке Соединенных Штатов; папоротник коричный (*O. cinnamomea*), королевский папоротник (*O. regalis*) и папоротник Клейтона (*O. claytoniana*). Ни один вид этого семейства не встречается на тихоокеанском побережье.

Семейство Gleicheniaceae.—Эти папоротники встречаются главным образом в тропиках и в горных районах умеренных поясов Южной Америки. Существует два рода *Gleichenia*, содержащие все известные виды, кроме одного.

Семейство Матониевые.—Один род, Матония, в малайском регионе.

Семейная распря.— В основном это тропические растения, но два вида встречаются в восточной части Северной Америки: *Schizae pusilla* и *Lygodium palmatum*, последний - вьющийся папоротник.

Семейство Гименофилловые.— Они известны как пленчатые папоротники из-за их тонких, нежных листьев. Они растут только во влажных регионах, в основном в тропиках, но несколько видов встречаются на юге Соединенных Штатов.

Семейство Cyatheaceae.— Они известны как древовидные папоротники из-за большого размера, которого достигают многие из них. Они встречаются главным образом в тропических горных районах, многие из них похожи на пальмы и внушительны из-за больших стволов и листьев. Диксония, Циатея, Циботий, алсофила - вот некоторые из наиболее заметных родов.

Семейство Парковые.—В этом семействе есть единственный вид (*Ceratopteris thalictroides*), распространенный в тропиках и простирающийся до Флориды. Это водный вид.

Семейство Многоножковые.—В это семейство входит большее количество ныне живущих папоротников, и многие роды и виды встречаются в Северной Америке. Примеры: Полиподиум, Птеридиум (= *Pteris*), Адиантум и т.д.

603. Отряд Hydropterales (или Salviniiales).Представители этого отряда представляют собой своеобразные водные папоротники, некоторые из которых плавают по воде (Азолла, сальвиния), в то время как другие прикреплены к почве корнями (Марсилия, Пилулярия). Они известны как водяные папоротники. Спорангии бывают двух видов: одни содержат крупные споры (макроспоры), а другие - мелкие споры (микроспоры). Таким образом, это разнопористые папоротники.

Семейство Сальвиниевые.—Есть два рода, Сальвиния и Азолла.

Семейство Марсилиевые.—Два рода, *Marsilia* и *Pilularia*. В этом семействе спорангии заключены в спорокарпий, который образует структуру, подобную стручке.

КЛАСС EQUISETINEÆ.^[35]

604. Порядок равновеликих.—Единственный отряд включает в себя единственное семейство Equisetaceae среди живых форм и всего лишь один род *Equisetum*. Существует около двадцати четырех видов, четырнадцать из которых обитают в Соединенных Штатах (см. [Главу XXIX](#)).

КЛАСС LYCOPODIINEÆ.^[36]

605. Отряд Lycopodiales. Первые два семейства этого порядка включают гомоспористые ликоподиинные, в то время как селлагинелловые гетероспористые.

Семейство Lycopodiaceae.—Есть два рода. Lycopodium (клубневый мох) включает в себя множество видов, большинство из которых тропические, но есть несколько в умеренных и субарктических регионах. Гаметофит многих видов клубневидный, ему не хватает хлорофилла, а в некоторых обитает эндофитный гриб. Филлоглоссум с одним видом встречается в Австралии.

Семейство Psilotaceae.—Существует два рода. Подорожник, обитающий главным образом в тропиках, имеет один вид (P. triquetrum) в регионе Флориды.

Семейство Селлагинелловые.—К ним относятся маленькие клубневидные мхи с одним родом - Selaginella (см. [Главу XXX](#)).

КЛАСС ИЗОЭТИНОВ.

606. Отряд Isoetales, включающий одно семейство Isoetaceae и один род Isoetes (см. [Главу XXXI](#)). Существует около пятидесяти видов, из них около шестнадцати - в Соединенных Штатах.

ГЛАВА XXXIII. ГОЛОСЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ.

Белая сосна.

607. Общий вид белой сосны.—Белая сосна (*Pinus strobus*) произрастает на востоке Соединенных Штатов. При благоприятных условиях в лесу он достигает высоты около 50 метров (около 160 футов), а диаметр ствола превышает 1 метр. У хорошо сформированных деревьев ствол прямой и возвышающийся; ветви, к которым имеет доступ солнечный свет, и деревья не густые или молодые, простирающиеся изящными руками, образуют пирамидальный контур дерева. В старых и густых лесах нижние ветви из-за недостатка солнечного света отмирают, оставляя высокие голые стволы на значительной высоте.

608. Длинные побеги сосны.—Ветви бывают двух видов. Те, которые мы легко узнаем, - это длинные ветви, названные так потому, что с каждым годом их длина значительно увеличивается. Конечная почка длинных ветвей, так же как и главного стебля, каждый год продолжает рост главной ветви или побега; в то время как боковые длинные ветви появляются каждый год из почек, которые плотно прилегают друг к другу вокруг основания конечной почки. Таким образом, боковые длинные ветви каждого года складываются в мутовку. Таким образом, расстояние между каждым ложным завитком ветвей представляет собой годовой прирост длины главного стебля или длинной ветви.

609. Карликовые побеги сосны.—Все карликовые ветви расположены сбоку на длинных ветвях, или побегах. Они разбросаны в течение всего года роста, и каждый несет гроздь из пяти длинных зеленых листьев игольчатой формы, которые остаются на дереве в течение нескольких лет. У основания зеленых листьев имеется ряд похожих на мякину чешуек, предшествующих чешуйкам бутона. В то время как карликовые ветви, таким образом, имеют зеленые листья и чешую, на длинных ветвях есть только тонкие чешуевидные листья, которые не являются зелеными.

610. Спороносные листья сосны.Два вида спороносных листьев сосны и их близкие родственники настолько отличаются от всего, что мы до сих пор изучали, и настолько непохожи на зеленые листья сосны, что мы едва ли признали бы их принадлежащими к этой категории. Действительно, существует большая неопределенность относительно их происхождения.

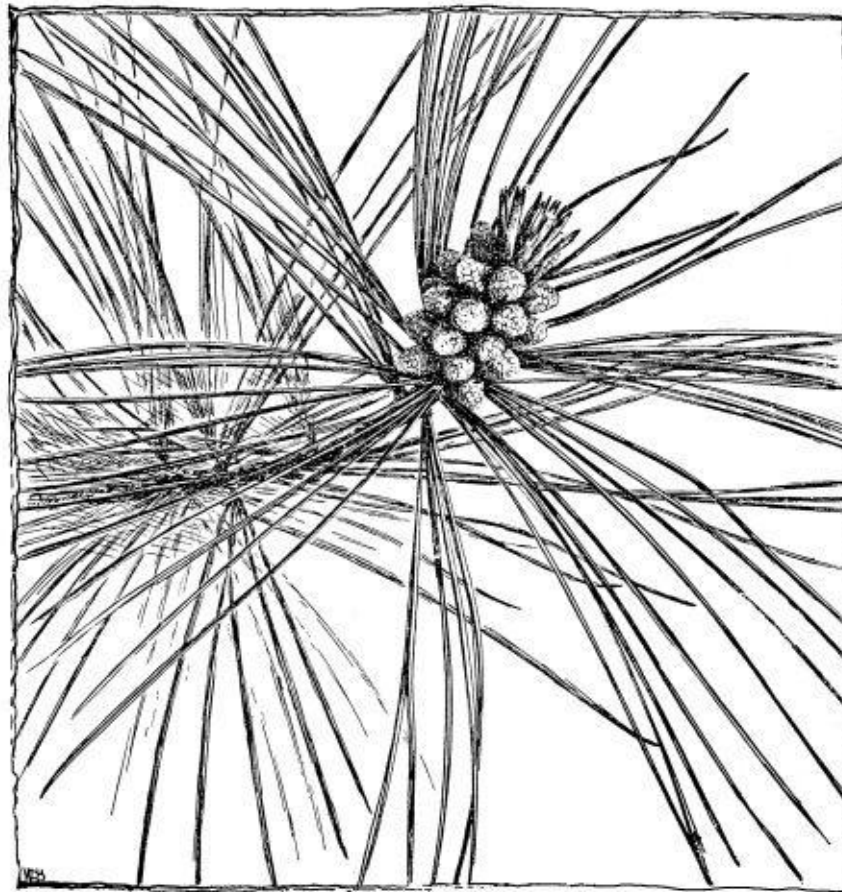


Рис. 339.

Куст белой сосны, показывающий скопление мужских шишек непосредственно перед рассеиванием пыльцы.

611. Мужские шишки, или мужские цветки.— Мужские шишки растут гроздьями, как показано на [рис. 339](#). Каждая компактная, почти цилиндрическая или коническая масса называется конусом, или цветком, и каждая возникает на месте длинной боковой ветви. Один из этих конусов показан значительно увеличенным на [рис. 340](#). Центральная ось каждого конуса представляет собой боковую ветвь и относится к серии стержневых. Ось стержня конуса можно увидеть на [рис. 341](#). Она полностью покрыта крепкими, толстыми чешуевидными наростами. Эти чешуйки обратнoйцевидные по очертаниям, а на внутреннем углу верхнего конца имеется несколько грубых коротких шипиков. Они прикреплены своим внутренним нижним углом, который образует короткий стебель или черешок и продолжается через внутреннюю поверхность чешуи как “средняя жилка”. То, что соответствует пластинке чешуевидного листа, выпирает с каждой стороны снизу и составляет основную часть чешуи. Эти выступы на нижней стороне являются спорангиями (microsporangia). Таким образом, на спорофилле (microsporophyll) имеется два спорангия. Когда споры (микроспоры), которые здесь обычно называют пыльцевыми зёрнами, достигают зрелости, каждый спорангий, или пыльниковая локализация, расщепляется посередине, как показано на [рис. 342](#), и споры высвобождаются.



Рис. 340.

Тычиночная шишка белой сосны, с одной стороны удалена почковая чешуя.

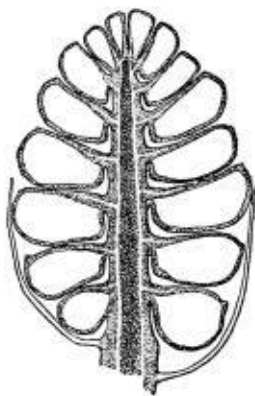


Рис. 341.

Разрез тычиночного конуса, показывающий спорангии.



Рис. 342.

Удалены два спорофилла, показаны вскрытия спорангий.



Рис. 343.

Пыльцевое зерно белой сосны.

612. Микроспоры сосны, или пыльцевые зерна.—Зрелое пыльцевое зерно сосны показано на [рис. 343](#). Это странно выглядящий объект, обладающий с двух сторон воздушным мешком, образовавшимся в результате поднятия внешней оболочки споры в этих двух точках. Когда пыльца созревает, влага высыхает из чешуи (или тычинки, как ее здесь часто называют), пока она созревает. Когда ветвь, на которой находится гроздь мужских шишек, задевается рукой или потоком воздуха, щель внезапно раскрывается, и из многочисленных месторослей пыльников вырывается облако пыльцы. Таким образом, пыльца разносится ветром, и часть ее попадает на женские цветки.



Рис. 344.

Белая сосна, ветка с гроздью зрелых шишек, осыпающихся семенами. Несколько молодых шишек четырехмесячного возраста показаны на ветке слева. Взято из фотографии.



Рис. 345.

Зрелая шишка белой сосны в момент разбрасывания семян, почти натурального размера.

613. Форма зрелой женской шишки.—Скопление белых сосновых шишек показано на [рис. 344](#). Они зрелые, и чешуйки распустились, как это бывает при созревании и подсыхании, чтобы семена могли высвободиться. Общий контур конуса ланцетный или удлинненно-овальный и несколько изогнутый. Его длина составляет около 10-15 см. Если мы удалим одну из чешуек как раз в тот момент, когда они начнут распускаться, или до того, как семена рассыплются, мы обнаружим семена, прикрепленные к верхней поверхности нижним концом. На каждой чешуйке по два семени, по одному под каждым нижним углом. Они яйцевидные по очертаниям и по форме напоминают двояковыпуклую линзу. В это время семена легко осыпаются и могут быть освобождены при сотрясении конуса. Когда семя отделяется от чешуи, с последней отделяется полоска ткани. Это образует "крылышко" для семени. Оно прикреплено к одному концу и по форме напоминает лезвие ножа. На обратной стороне весов находится небольшой придаток, известный как покровная чешуя.



Рис. 346.

Стерильная чешуя. Семена неразвитые.

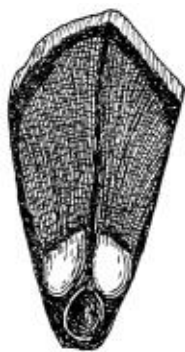


Рис. 347.

Чешуя с хорошо развитыми семенами.

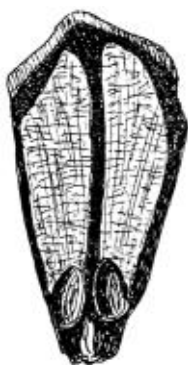


Рис. 348.

Семена отделились от чешуи.



Рис. 349.

Обратная сторона шкалы с мелкой шкалой на крышке.



Рис. 350.
Крылатое семя без чешуи.

Рис. 346-350.— Белая сосна, на которой видны детали зрелых чешуек и семян.



Рис. 351.

Женские шишки сосны в момент опыления, примерно естественного размера.

614. Формирование женской сосновой шишки.— Женские цветки начинают свое развитие довольно поздно весной. Они образуются из концевых почек более высоких ветвей дерева. Таким образом, шишка может заканчивать главный побег ветви или боковые побеги в виде мутовки. После того, как весной рост продолжался некоторое время, конечная часть начинает приобретать вид молодой женской шишки или цветка. Эти молодые женские шишки примерно в то время, когда пыльца выходит из пыльников, удлинненно-яйцевидные, размером около 6-10 мм в длину. Они стоят вертикально, как показано на [рис. 351](#).

615. Форма “чешуи” женского цветка.— Если мы удалим одну из чешуек с конуса на этом этапе, мы сможем лучше изучить ее в деталях. Она приплюснутая, овальной формы, с крепким “ребром”, если его можно так назвать, проходящим по средней линии и заканчивающимся точкой. Шкала состоит из двух частей, как показано на [рис. 354](#), который представляет собой вид снизу. Небольшой “нарост”, который появляется как придаток, является покровной чешуей, поскольку, хотя у сосны он меньше, чем у другой части, у некоторых сородичей сосны он крупнее, чем у ее партнера, и, находясь снаружи, покрывает ее. (Внутреннюю чешую иногда называют яйцекладущей чешуей, потому что она несет семяпочки.)

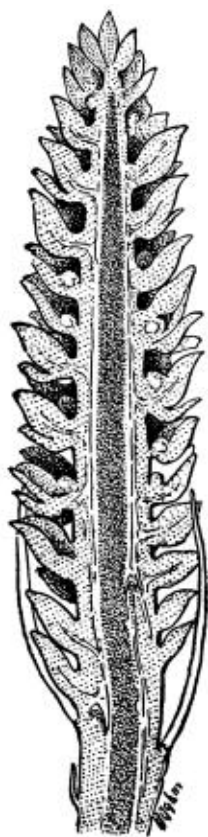


Рис. 352.

Срез женской шишки белой сосны, на котором видны молодые семечки (макроспорангии) у основания яйцевидных чешуек.

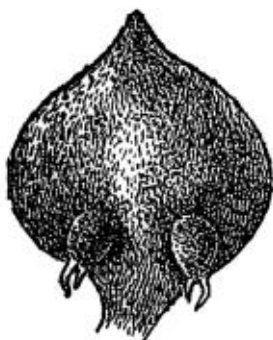


Рис. 353.

Чешуя белой сосны с двумя семечками у основания яйцевидной чешуи.

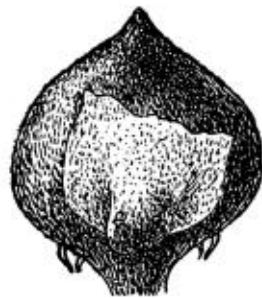


Рис. 354.

Шкала белой сосны, видимая снаружи, показывает масштаб покрытия.

616. Семяпочки, или макроспорангии, сосны.—В каждом из нижних углов шкалы находится любопытное овальное тело с двумя изогнутыми, похожими на щипцы отростками на нижнем и меньшем конце. Это макроспорангии, или, как их называют у высших растений, семяпочки. Эти семяпочки, как мы видим, находятся на месте семян на зрелых шишках. Фактически, стенка семяпочки образует внешнюю оболочку семени, как мы увидим позже.



Рис. 355.

Ветка белой сосны с молодыми женскими шишками во время опыления на концах ветвей и годовалыми шишками ниже, ближе к моменту оплодотворения.

617. Опыление.—В то время, когда пыльца созревает, женские шишки все еще стоят прямо на ветвях, а чешуйки, которые на более ранних стадиях роста были тесно прижаты друг к другу вокруг оси, теперь раздвинуты. Когда облака пыльцы срываются с гроздей мужских шишек, часть ее переносится ветром к женским шишкам. Здесь он захватывается открытыми чешуйками и скатывается к их основанию, где часть его попадает между этими похожими на щипцы отростками на нижнем конце семяпочки. В это время семяпочка выделяет каплю липкой жидкости в это углубление между изогнутыми отростками на своем нижнем конце. Пыльца прилипает к нему, и позже, когда это вязкое вещество высыхает, оно притягивает пыльцу вплотную к углублению у нижнего конца семяпочки. Это углубление, таким образом, известно как *пыльцевая камера*.

618. Теперь открытые чешуйки на молодой женской шишке снова закрываются так плотно, что исключается попадание дождевой воды. Что также очень любопытно, шишки, которые до этого времени стояли вертикально, так что открытая чешуя могла улавливать пыльцу, теперь поворачиваются так, что они свисают вниз. Это более определенно исключает дожди, поскольку наложение чешуек образует покрытую галькой поверхность. В чешуйках также образуется большое количество смолы, которая выделяется и делает конус практически непроницаемым для воды.

619. Женская шишка теперь медленно растет в течение лета и осени, увеличиваясь за это время в размерах, но незначительно. Зимой он отдыхает, то есть перестает расти. С приходом весны рост начинается снова и ускоренными темпами. Увеличение в размерах

происходит более быстрыми темпами. Шишка достигает зрелости в сентябре. Таким образом, мы видим, что от зарождения женского цветка до созревания шишки проходит почти восемнадцать месяцев и около пятнадцати месяцев с момента опыления.

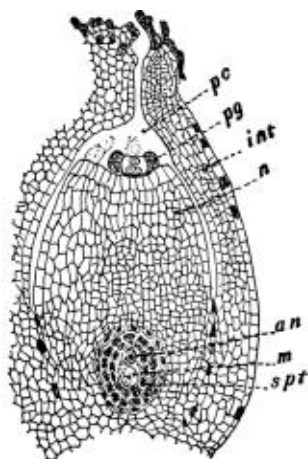


Рис. 356.

Макроспорангий сосны (семяпочка). *int*, покровный слой; *n*, нуцеллус; *m*, макроспора; *pc*, пыльцевая камера; *pg*, пыльцевое зерно; *an*, подмышечный ряд; *spt*, губчатая ткань. (После Фергюсона.)

620. Женский проталлиум сосны.—Чтобы изучить это, мы должны сделать тщательные продольные срезы яйцеклетки (лучше с помощью микротомы). Такой разрез показан на [рис. 358](#). Наружный слой ткани, который на верхнем конце (точка, где чешуйка прикреплена к оси конуса) остается свободным, представляет собой овулярную оболочку, или *покровный покров*. Внутри этого кожного покрова, ближе к верхнему концу, находится конусообразная масса ткани. Эта масса ткани представляет собой *нуцеллус*, или *макроспорангий* собственно. В нижней части нуцеллуса на [рис. 356](#) можно увидеть округлую массу “губчатой ткани” (*spt*), которая представляет собой особую питающую нуцеллу ткань, или спорангий, вокруг макроспоры. Внутри этого можно увидеть подмышечный ряд из трех ячеек (*an: m*). Самая нижняя из них, которая больше двух других, - это *макроспора*. Иногда таких ячеек в подмышечном ряду бывает четыре. Этот подмышечный ряд из трех или четырех клеток образован двумя последовательными делениями материнской клетки нуцеллуса. Таким образом, может показаться, что все эти три или четыре клетки являются спорами.

Однако развивается только один из них, низший; остальные дезорганизуются и исчезают. Ядро макроспоры теперь делится несколько раз, образуя несколько свободных ядер в увеличивающейся полости, подобно тому, как ядро макроспоры у селлагинелл и изоэт делится внутри споры. Развитие до сих пор происходило в течение первого лета, и теперь с приближением зимы очень молодая самка проталлия переходит в состояние покоя примерно в стадии, показанной на [рис. 358](#). Коническая часть нуцеллюляра, которая находится выше, называется нуцеллярной шапочкой.

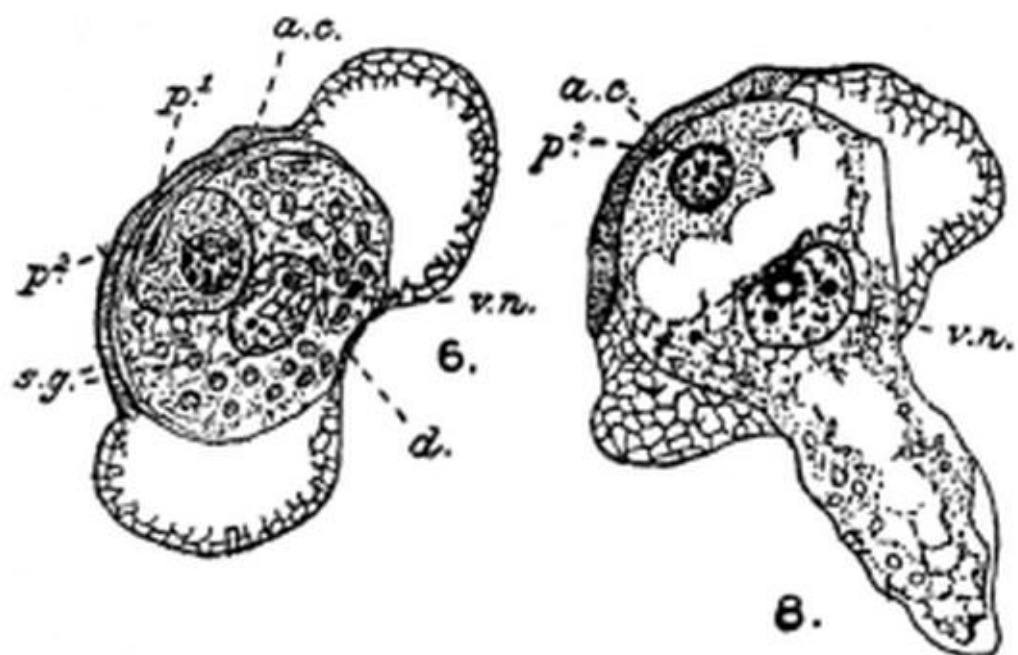


Рис. 357.

Пыльцевые зерна сосны. Одно из них прорастает. p_1 и p_2 , две распавшиеся проталлиальные клетки, = стерильная часть мужского гаметофита; $a.c.$, центральная клетка антеридия; $v.n.$, вегетативное ядро или трубчатое ядро одностенной клетки антеридия; $s.g.$, зерна крахмала. (После Фергюсона.)

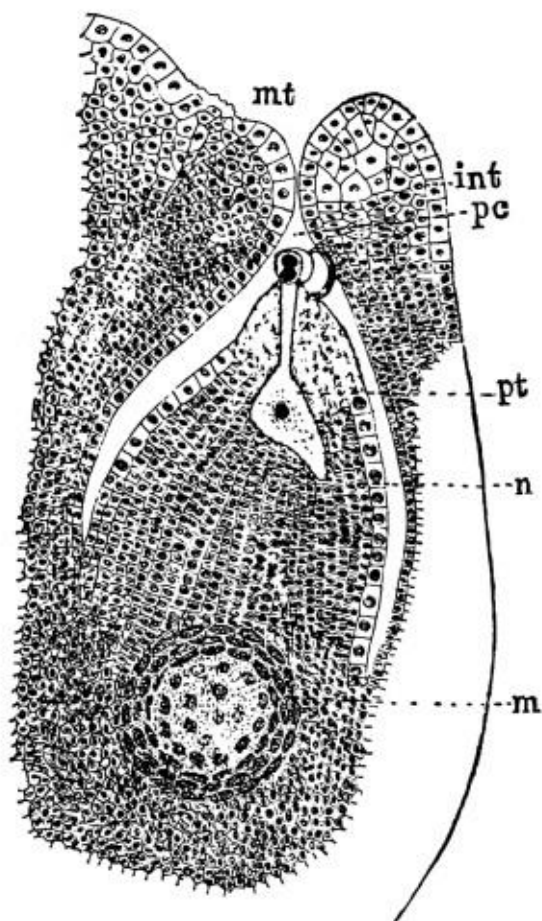


Рис. 358.

Срез семяпочки белой сосны. *int*, покровный слой; *pc*, пыльцевая камера; *pt*, пыльцевая трубка; *n*, ядро; *m*, полость макроспоры.

621. Мужской проталлий.—К моменту созревания пыльцы мужской проталлий уже частично сформирован. На [рис. 343](#) мы видим две хорошо сформированные ячейки. Две другие клетки образуются раньше, но они становятся настолько сплюснутыми, что их трудно различить, когда пыльцевое зерно становится зрелым. Они показаны на [рис. 357](#), *p1* и *p2*, и это единственные стерильные клетки мужского проталлия у сосен. Крупная клетка - это стенка антеридия, ее ядро в.н. на [рис. 357](#). Меньшая клетка, *a.c.*, является центральной клеткой антеридия. Летом и осенью мужской проталлиум продолжает расти, но это происходит медленно. Более крупная клетка, называемая вегетативной клеткой или трубчатой клеткой, которая на самом деле является стенкой антеридиума, удлиняется за счет образования трубки, образуя мешочек, известный как пыльцевая трубка. Она либо простая, либо разветвленная. Он вырастает в ткань нуцеллуса, и на стадии, представленной на [рис. 358](#), его настигает зима, и он отдыхает. В это время центральная клетка разделилась на две, и вегетативное ядро находится в пыльцевой трубке.

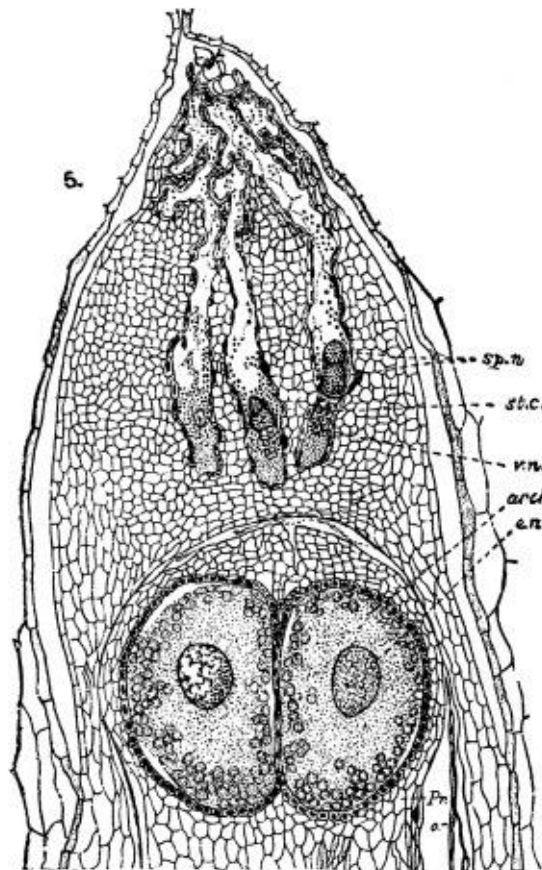


Рис. 359.

Срез нуцеллуса и эндосперма сосны белой. Внутренний слой клеток кожного покрова показан сразу за нуцеллусом; *арка*, архегониум; *en*, ядро яйцеклетки. В шляпке нуцелляра изображены три пыльцевые трубочки. *vn*, вегетативное ядро или ядро трубки; *stc*, стеблевая клетка; *spn*, ядра сперматозоидов, более крупное заранее - то, которое соединяется с ядром яйцеклетки. Архегонии находятся в эндосперме или женском гаметофите. (По Фергюсону.)

622. Эндосперм.— Следующей весной рост всех этих частей продолжается. Ядра в макроспоре делятся, образуя больше, и в конечном итоге между ними образуются

клеточные стенки, образующие отдельную ткань, известную как *эндосперм*. Этот эндосперм продолжает расти до тех пор, пока большая часть нуцеллуса не будет употреблена в пищу.

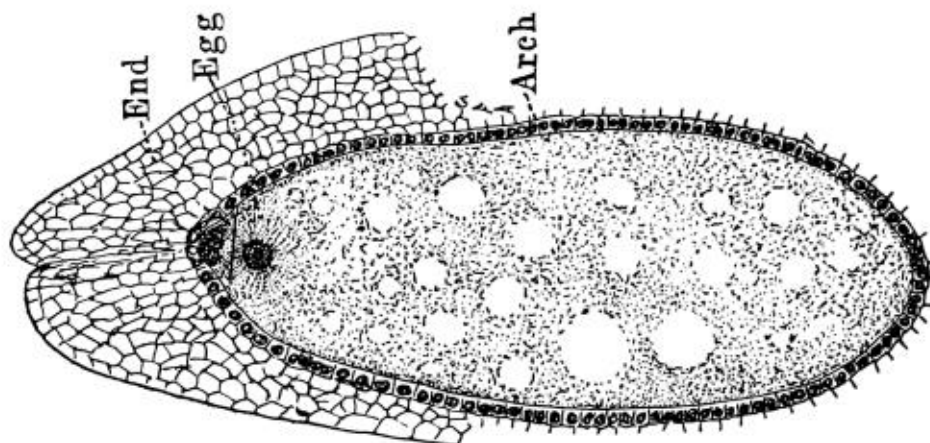


Рис. 360.

Последнее деление яйцеклетки у белой сосны срезает ячейку вентрального канала на верхушке архегония. *Конец*, эндосперм; *арка*, архегоний.

623. Женский проталлиум и архегонии.—Эндосперм - это женский проталлиум. Это очень очевидно из того факта, что в нем обычно развиваются несколько архегоний со стороны пыльцевой камеры. Архегонии - это половые органы, а поскольку половые органы развиваются на гаметофите, следовательно, эндосперм - это женский гаметофит, или проталлиум. На [рис. 359](#) представлены две архегонии в эндосперме, а пыльцевые трубки растут вниз через нуцеллу. Архегонии довольно крупные, стенка представляет собой оболочку из клеток, которая окружает очень крупную яйцеклетку с большим ядром в центре.

624. Пыльцевая трубка и сперматозоиды.—В то время как эндосперм (женский проталлий) и архегонии развиваются, пыльцевая трубка продолжает свой рост вниз через шляпку ядрышка, как показано на [рис. 359](#). В то же время две клетки, которые образовались в пыльцевом зерне (антеридии), из центральной клетки перемещаются вниз в трубку. Одна из них является “генеративной” клеткой, или клеткой “тела”, а другая называется стеблевой клеткой, хотя правильнее сказать, это стерильная половина центральной клетки. Ядро генеративной клетки примерно ко времени созревания архегония делится с образованием двух ядер, которые являются ядрами сперматозоидов, и то, которое находится впереди, больше, хотя оно намного меньше ядра яйцеклетки.

625. Оплодотворение.—Очень скоро после созревания архегоний (в начале июня на севере Соединенных Штатов) пыльцевая трубка прорастает в архегоний и выпускает два ядра сперматозоида, вегетативное ядро и стеблевую клетку, в протоплазму крупной яйцеклетки. Более крупное из двух ядер сперматозоида сразу же соприкасается с очень крупным ядром яйцеклетки и опускается в такое же углубление, как показано на [рис. 361](#). Эти два ядра в соснах не сливаются в покоящееся ядро, а сразу организуют ядерную фигуру для первого деления эмбриона. Таким образом, образуются два ядра, которые делятся, образуя четыре ядра, которые опускаются на дно архегония и там образуют зародыш, который прокладывает себе путь в эндосперм, из которого он получает питание ([рис. 362](#)).

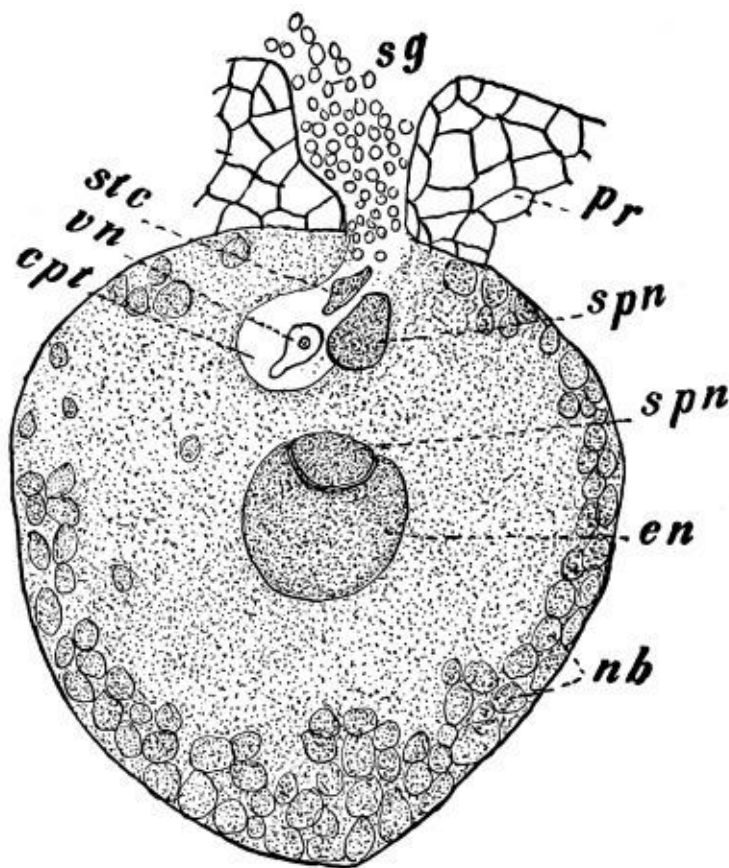


Рис. 361.

Архегониум сосны белой на стадии оплодотворения, *en*, ядро яйцеклетки; *spn*, ядро сперматозоида в конъюгации с ним; *nb*, питательные тела в цитоплазме крупной яйцеклетки; *cpt*, полость пыльцевой трубки; *vn*, вегетативное ядро или ядро трубки; *stc*, стеблевая клетка; *spn*, второе ядро сперматозоида; *pr*, часть проталлия или эндосперма; *sg*, зерна крахмала в пыльцевой трубке. Оболочка клеток оболочки архегония не показана. (По Фергюсону.)

626. Гомология частей внутреннего конуса.—Мнения разделились относительно гомологии частей женской шишки сосны. Некоторые считают, что вся шишка гомологична цветку покрытосеменных растений. Вся чешуя, согласно этому представлению, представляет собой плодолистик, или спорофилл, который делится на покровную чешую и яйцевидную чешую. Это разделение спорофилла считается сходным с тем, которое мы имеем у изозт, где спорофилл имеет язычок над спорангием, или как у *ophioglossum*, где лист разделен на фертильную и стерильную части.

Другие считают, что яйцевидная чешуя состоит из двух листьев, расположенных сбоку и сросшихся, представляющих собой побег по оси прицветника. Некоторое подтверждение этому дает тот факт, что у некоторых аномальных шишек, которые демонстрируют пролиферацию, короткая ось появляется в пазухе прицветника и несет боковые листья, а в некоторых случаях присутствуют все градации между этими боковыми листьями на оси и их консолидация в яйцевидную чешую. В нормальном состоянии яйцевидной чешуи ось исчезла, и побег представлен только сросшимися листьями, которые в таком случае представляли бы макроспорофиллы (или плодолистики), каждый из которых несет по одному макроспорангию (семяпочке).

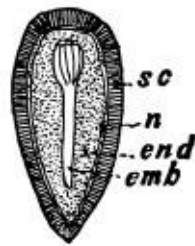


Рис. 362.

Семя сосны, часть, *sc*, семенная оболочка; *n*, остатки нуцеллуса; *конец*, эндосперм (= женский гаметофит); *emb*, зародыш = молодой спорофит. Семенная оболочка и нуцеллус = остатки старого спорофита.

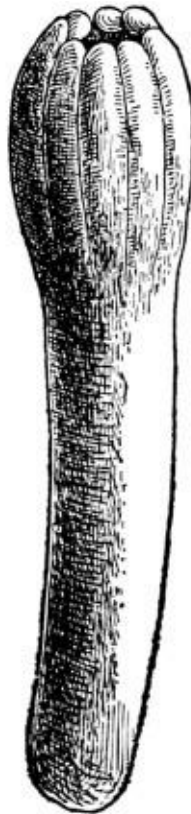


Рис. 363.

Зародыш сосны белой, извлеченный из семени, с несколькими семядолями.

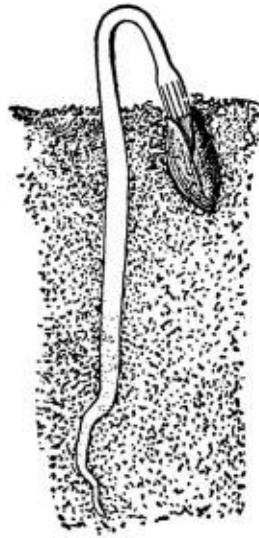


Рис. 364.

Саженец сосны, только что пробивающийся из земли.

Одной из наиболее интересных и правдоподобных точек зрения является точка зрения Челаковского. Он считает, что осевой побег редуцирован до двух семязачатков, что семязачатки имеют два покрова, но наружный покров каждой из них разросся в чешуйки, которые срослись. При таком разрастании наружного покрова он отделяется от семязачатка, так что остается прикрепленным только к одной стороне, и, таким образом, на большей части семязачатка остается только один покров. Эта точка зрения подтверждается тем фактом, что, например, у гинкго (другого голосеменного растения) наружный покров ("воротничок") иногда разрастается в лист. Таким образом, точка зрения Челаковского не сильно отличается от второй, упомянутой выше.



Рис. 365.
Саженец белой сосны, покрывающийся семенной оболочкой.

ГЛАВА XXXIV. ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ.

Саговник.



Рис. 366.

Макроспорофилл *Cycas revoluta*.

627. У таких голосеменных растений, как саговники, изображенных на фронтисписе, наблюдается близкое сходство с представителями группы папоротниковых, особенно с самими папоротниками. Об этом сразу говорит форма листьев. Стебель короткий и толстый. Листья имеют прочную среднюю жилку и многочисленные узкие перья. В центре этой розетки листьев расположены многочисленные более мелкие листочки, плотно перекрывающие друг друга, как чешуйки бутона. Если мы удалим один из них во время формирования плода, то увидим, что в целом он соответствует плану крупных листьев. У свободного конца есть средняя жилка и несколько узких перьев, весь лист покрыт шерстистыми волосками. Но на нижнем конце, вместо перьев, мы видим овальные тела. Это макроспорангии (семяпочки) саговника и соответствуют макроспорангиям селлагинеллы, а лист представляет собой макроспорофилл.

628. Женский проталлиум саговника.—На фиг. [367](#), [368](#) показаны зрелые семяпочки, или макроспорангии, саговника. На 368, который является рентгеновской фотографией 367, виден овальный проталлиум. Таким образом, у саговника, как и у селлагинеллы, женский проталлий развивается полностью внутри макроспорангия и получает питательные вещества для своего роста от растения саговника, которое является спорофитом. Архегонии развиваются в этой внутренней массе клеток. Это помогает нам определить, что это проталлиум. У саговников его также называют эндоспермом, как и у сосен.

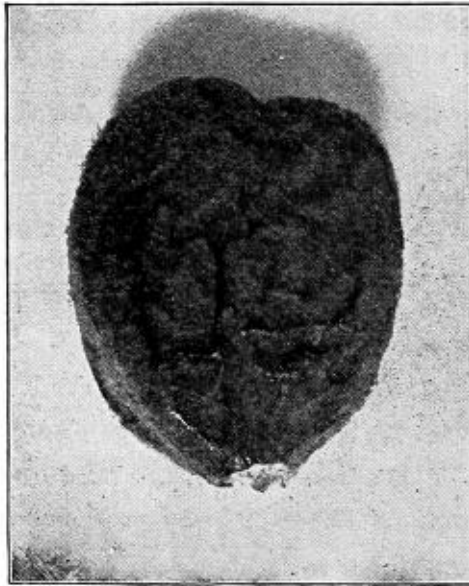


Рис. 367.
Макроспорангий *Cycas revoluta*.

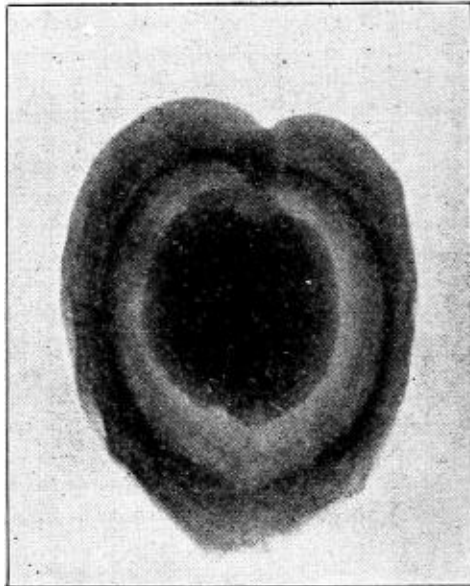


Рис. 368.
Рентгеновская фотография того же самого, на которой изображен женский проталлиум.

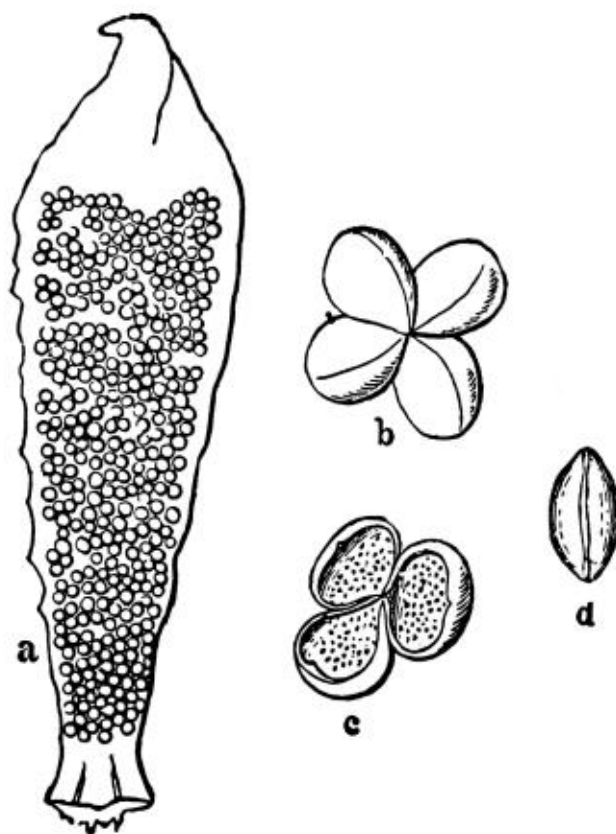


Рис. 369.

А спорофилл (тычинка) саговника; спорангии, расположенные группами на нижней стороне. *b*, группа спорангий; *c*, открытые спорангии. (От потепления.)

629. Если мы вскроем одну из зрелых семяпочек, то сможем увидеть эндосперм (проталлиум) в виде беловатой массы ткани. Непосредственно вокруг него в зрелом возрасте находится тонкая, бумажная ткань, остатки нуцеллуса (макроспорангия), а снаружи находятся оболочки семяпочки, внешняя мясистая и внутренняя каменистая.

630. Микроспоры, или пыльца, саговника.—Саговник, изображенный на фронтисписе, является женским растением. Также существуют мужские растения с маленькими листьями в центре, несущими только микроспорангии. Эти листья, хотя и напоминают обычные листья, меньше и соответствуют тычинкам. На нижней стороне, как показано на [рис. 369](#), микроспорангии располагаются группами по три или четыре, и они содержат микроспоры, или пыльцевые зерна. Расположение этих микроспорангий на нижней стороне листьев саговника очень похоже на расположение спорангий на нижней стороне листьев некоторых папоротников.

631. Дерево гинкго - еще одно очень интересное растение, принадлежащее к этой же группе. Это реликт рода, который процветал в далеком прошлом, и он интересен также из-за сходства листьев с некоторыми папоротниками, такими как адиантум, что наводит на мысль, что эта форма листа у гинкго была унаследована от какого-то папоротниковидного предка.



Рис. 370.

Замия интегрифолистная, с толстым стеблем, листьями, похожими на папоротник, и конусом мужских цветков.

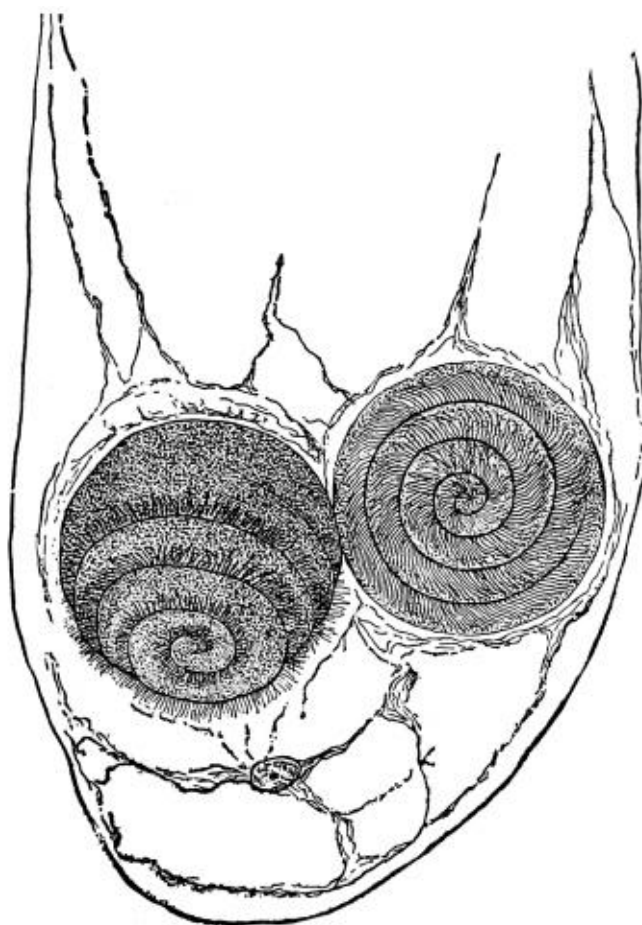


Рис. 371.

Два сперматозоида в конце пыльцевой трубки саговника. (После рисунка Хирасе и Икено.)

632. Хотя сходство листьев некоторых голосеменных растений с листьями папоротников наводит на мысль о похожих на папоротники предках представителей этой группы, более убедительным доказательством такого происхождения является тот факт, что в семязпочках хорошо просматривается проталлиум. Эндосперм с его хорошо сформированными архегониями следует рассматривать как проталлиум.

633. Сперматозоиды у некоторых голосеменных растений.— Но в течение последних двух лет у гинкго, саговника и замии, принадлежащих к этой группе, было обнаружено, что сперматозоиды представляют собой хорошо сформированные сперматозоиды. У замии каждая из них по форме чем-то напоминает половинку двояковыпуклой линзы, а вокруг выпуклой поверхности расположены несколько витков ресничек. После того, как пыльцевая трубка прорастет вниз через нуцеллу и достигнет углубления на конце проталлия (эндосперма), где формируются архегонии, сперматозоиды высвобождаются из пыльцевой трубки, плавают в жидкости в этом углублении и позже сливаются с яйцеклеткой. В гинкго и саговнике эти сперматозоиды были впервые обнаружены Икено и Хирасе в Японии, а позже в замии Уэббером в этой стране. На рис. [371-374](#) показаны детали проталлии самца и процесса оплодотворения.

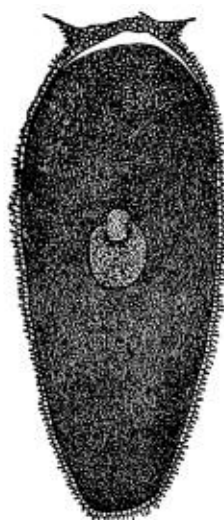


Рис. 372.

Оплодотворение саговника, маленького сперматозоида, сливающегося с более крупным женским ядром яйцеклетки. Протоплазма яйцеклетки заполняет архегоний. (По рисункам Хирасе и Икено.)

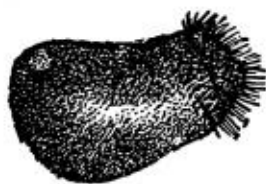


Рис. 373.

Сперматозоид гинкго. Некоторые аномальные формы имеют хвост. (После Икено и Хирасе.)

634. спорофит у голосеменных растений.—В пыльцевых зернах голосеменных растений мы легко распознаем признаки, принадлежащие спорам папоротников и их союзников, а также печеночников и мхов. Они принадлежат к одному и тому же ряду органов, появляются на свет в одной и той же фазе или поколении растения и практически формируются одним и тем же общим способом, причем различия между различными группами не больше, чем внутри одной группы. Мы определили, что эти споры являются продуктом спорофита. Таким образом, мы можем идентифицировать спорофит как фазу или поколение растения, сформированное из оплодотворенной яйцеклетки и, в конечном счете, несущее споры. Из этого мы видим, что спорофит у голосеменных является выдающейся частью растения, точно так же, как мы обнаружили его у папоротников. Таким образом, сосна, а также гинкго, саговник, тис, ель болиголов, черная ель, гигантская калифорнийская секвойя и т.д. Являются спорофитами.

В то время как спорангии (пыльцевые мешочки) мужских цветков раскрываются и позволяют рассеивать споры (пыльцу), спорангии женских цветков голосеменных растений раскрываются редко. Макроспора развивается внутри спорангия (nucellus) с образованием женского проталлия (эндосперма).

635. Гаметофит стал зависимым от спорофита.В этом отношении голосеменные растения сильно отличаются от птеридофитов, хотя мы видим намеки на такое положение вещей у изост и селлагинелл, где женский проталлий развивается внутри макроспоры, и даже у селлагинелл начинается и почти завершается его развитие еще в спорангии.

Сравнивая женский проталлий голосеменных растений с проталлиумом группы папоротниковых, мы видим, что произошли заметные изменения. Женский проталлиум голосеменных растений очень сильно уменьшен в размерах. В частности, он больше не ведет независимого существования от спорофита, как в случае почти со всей группой папоротниковых. Он остается заключенным в макроспорангии (у саговника, если его не удобрять, он иногда вырастает за пределы макроспорангия и становится зеленым) и получает питание через него от спорофита, с которым последний остается органически связанным. Это состояние женского проталлия голосеменных потребовало специальной адаптации мужского проталлия, чтобы сперматозоиды могли достичь яйцеклетки и оплодотворить ее.

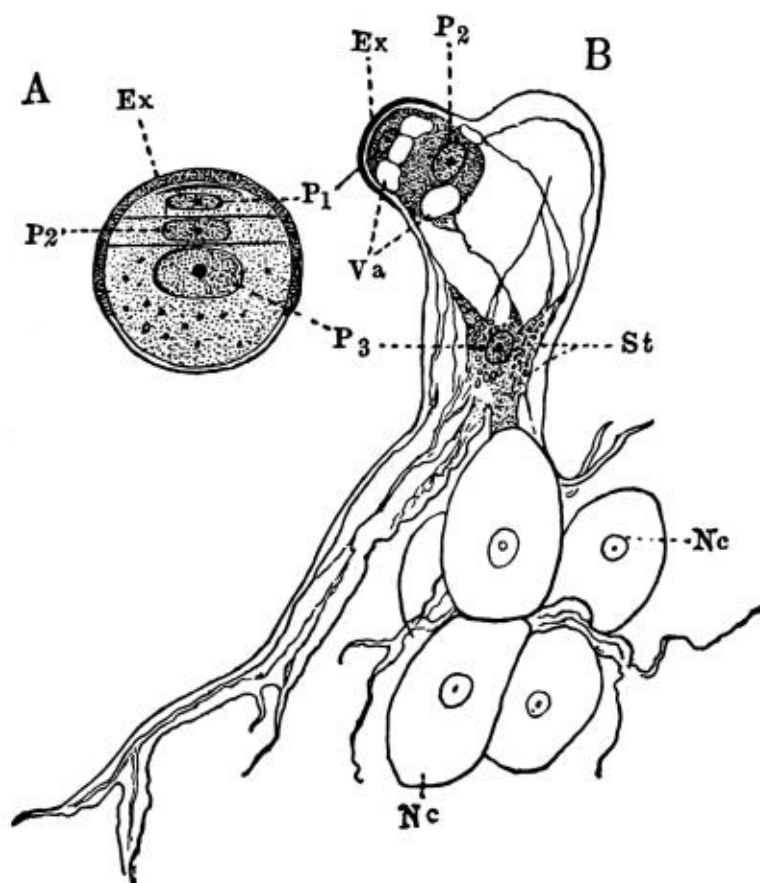


Рис. 374.

Гинкго билоба. *A*, зрелое пыльцевое зерно; *B*, прорастающее пыльцевое зерно, разветвленная трубка, входящая в клетки нуцеллы; *Ex*, экзина (внешняя стенка споры); *P₁*, проталлиальная клетка; *P₂*, антеридиальная клетка (позже делится с образованием стеблевой клетки и генеративной клетки); *P₃*, вегетативная клетка; *Va*, вакуоли; *Nc*, нуцелл. (По рисункам Хирасе и Икено.)

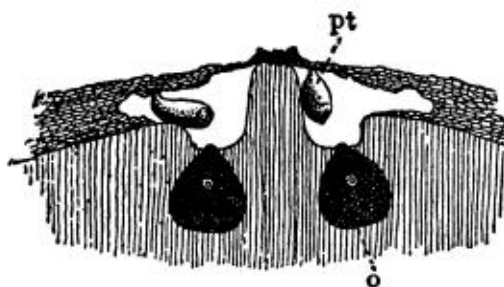


Рис. 375.

Гинкго билоба, схематическое представление связи пыльцевой трубки с архегонием в конце нуцеллуса. *pt*, пыльцевая трубка; *o*, архегоний. (После рисунка Хирасе и Икено.)

636. Голосеменные - растения с голыми семенами.—У сосны, как мы видели, голые семена. То есть семена не заключены в плодолистик, а обнажены на внешней поверхности. У всех растений большой группы, к которой относится сосна, семена голые. По этой причине этой большой группе было дано название “голосеменные”.

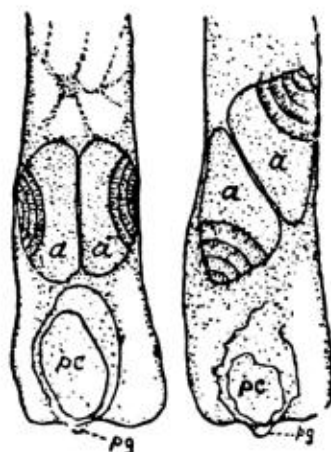


Рис. 376.

Сперматозоиды замии в пылевой трубке; *pg*, пыльцевое зерно; *a, a*, сперматозоиды. (В честь Уэббера.)

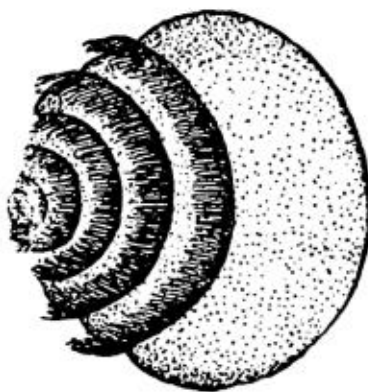


Рис. 377.

Сперматозоид замии, имеющий спиральный ряд ресничек. (В честь Уэббера.)

637. Классификация голосеменных растений.— Дерево гинкго до недавнего времени относилось к соснам, тисам и т.д. в порядке *Pinales*, но обнаружение сперматозоидов в пылевой трубке позволяет предположить, что оно не является тесно связанным с *Pinales* и что оно представляет собой координату порядка с ними. Энглер распределяет живые голосеменные растения примерно следующим образом:

Класс Голосеменные.

Порядок 1.	Саговниковые;	семейство Саговниковые.	Саговник, Замия и др.
------------	---------------	-------------------------	-----------------------

Порядок 2.	Гинкговые;	семейство Гинкговые.	Гинкго.
------------	------------	----------------------	---------

Порядок 3.	Сосновые (или	семейство 1.
------------	---------------	--------------

Примерами являются *Taxus*, обыкновенный тис на

	хвойные);	Таксационные.	востоке Соединенных Штатов, и Тоггеуа на западе Соединенных Штатов.
		семейство 2. Pinaceae.	Секвойя (красное дерево Калифорнии), ели, пихты, сосны, кедры, кипарисы и т.д.
Порядок 4.	Гнеталы.	Вельвичия мирабилис, пустыни юго-западной Африки; Эфедра, пустыни Средиземноморья и Западной Азии. Гнетум, вьющиеся растения (лианы) из тропической Азии и Америки.	

638.

ТАБЛИЦА, ПОКАЗЫВАЮЩАЯ ГОМОЛОГИЮ СПОРОФИТОВ И ГАМЕТОФИТОВ У СОСНЫ.

ТЕРМИНЫ, СООТВЕТСТ ВУЮЩИЕ ТЕМ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУ ЮТСЯ У ПТЕРИДОФ ИТОВ.		ОБЩИЕ ТЕРМИН Ы.	
Спор офит	Спорофит	=	Сосна.
	Спороносна я часть	=	Мужские и женские шишки.
	Микроспор офилл	=	Тычинка.
	Микроспор ангий	=	Пыльцевой мешок.
	Мужской гаметофи т	Микрос пора	= пыльцевое зерно.
		Зрелая микросп ора - рудиме нтарны й мужско й проталл	= Зрелое пыльцевое зерно.

ий		
с		
рудиме		
нтарны		
м		
антерид		
нем		
Крупная		Вегетат
клетка		ивная
(часть	=	клетка
стенки		пыльце
антерид		вого
ия?)		зерна.
Клетка		Малень
антерид	=	кая
ия		клетка
		пыльцы
Клетка		
антерид		
ия		
делится		
с		Генерат
образов		ивная
анием		клетка.
стеблей		
ой		
клетки		
и		
централ		
ьная		
клетка	=	
антерид		
ия		
(мужско		
й		
половой		
орган)		
Централ		
ьная		
клетка		ОТЦОВСКИХ
антерид	=	клеток
ия		или
делится		
с		
образов		

анием
двух
спермат
озоидов

Спороф
ит

Макросп
орангий,
покрыт
ый
кожным
покрово
м

кожным
покрово
м

Женски
й
гамето
фит

генератив
ных
клеток.

Макросп
орофилл
= яйцевидная
чешуя
(покровная
чешуя

и
плодолистико
вый вырост);
или

три
плодолистика,
объединенные
в

яйцевидную
чешую,
центральная
из которых

стерильна (в
пазухе
покровной
чешуи).

= Нуцеллус,
покрытый

кожный
покров =
семяпочка.

Макр
оспор
а
(остае
тся в
спора
нгии)
= Крупна
я
клетка в
центре
нуцеллу
са,

			из которой развива ется зароды шевый мешок и
			эндоспе рм (остаец я в нуцеллу се).
Женс кий прота лий (в спора нгии)		=	Эндоспе рм в нуцеллу се.
Архег онии (женс кие полов ые орган ы)		=	Тельца в эндоспе рме.
Яйце клетк а		=	матери нская клетка или зароды шевая клетка.
Моло дой споро фит	Молод ой споро фит	яйцеклет ка (оплодот воренная) Зародыш = евая клетка.	
		Зародыш = сосны в нуцеллус е	

		и кожном покрове.		
Молодой спорофит	В остатках гаметофита	= Эндосперм		
И спорангий	, Окруженный новым разрастанием старого спорофита	= Нуцеллус	семяни	
		= Кожный покров		

ГЛАВА XXXV.

МОРФОЛОГИЯ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ: ТРИЛЛИУМ; ДЕНТАРИЯ.

Триллиум.

639. Общий вид.—В качестве одного из растений, иллюстрирующих эту группу, мы можем взять малиновку, как ее иногда называют, или триллиум. В Соединенных Штатах существует несколько видов этого рода; наиболее распространенным в восточной части является “белая малиновка” (*Trillium grandiflorum*). Встречается в лесах или вблизи них. Изображение растения показано на [рис. 378](#). У него толстый, мясистый подземный стебель, или корневище, как его обычно называют. Это многолетнее корневище, отмеченное гребнями и рубцами. Корни довольно толстые и покрыты грубыми морщинами. Из растущего конца корневища каждый год вырастает покрытый листьями цветущий стебель. Это 20-30 см (8-12 дюймов) в высоту. У верхнего конца находится завиток из трех яйцевидных листьев, а из центра этой розетки поднимается цветонос, на вершине которого находится цветок.

640. Части цветка. Чашечка.—Теперь, если мы рассмотрим цветок, мы увидим, что на нем есть несколько листовидных структур. Они также расположены по трое, как и листья. Сначала появляется завиток из трех заостренных, ланцетных, зеленых листовидных элементов, которые составляют *чашечку* у высших растений, а частями чашечки являются *чашелистики*, то есть каждый листовидный элемент представляет собой *чашелистик*. Но хотя чашелистики являются так называемой частью цветка, мы легко распознаем в них принадлежность к *серии листьев*.

641. Венчик.—Далее над чашечкой находится завиток из белых или розоватых элементов у *Trillium grandiflorum*, которые также по форме напоминают листья и шире чашелистиков, обычно несколько шире на свободном конце. Они составляют то, что называется *венчиком* у высших растений, и каждый член венчика представляет собой *лепесток*. Но хотя они являются частями цветка и не зеленые, их форма и положение позволяют предположить, что они также принадлежат к *серии листьев*.

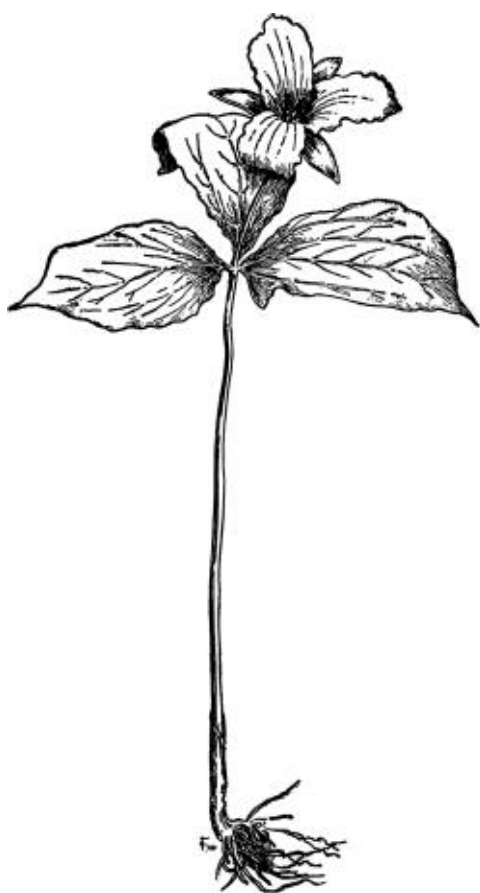


Рис. 378.

Триллиум крупноцветковый.

642. Андрициум. Внутри и над вставкой венчика находится другой ярус, или мутовка, элементов, которые на первый взгляд не напоминают листья по форме. У высших растений они известны как *тычинки*. Как видно на [рис. 379](#), каждая тычинка имеет ножку (= филамент), и по обе стороны от нее на большей части длины проходят четыре гребня, по два с каждой стороны. Эта часть тычинки является *пыльником*, а гребни образуют пыльниковые мешочки, или доли. Вскоре после того, как цветок раскрывается, эти мешочки пыльников также открываются через щель в стенке вдоль края гребня. В это время мы видим большое количество желтоватого порошка или пыли, выходящих из разорванных местечек пыльников. Если мы поместим часть этого вещества под микроскоп, то увидим, что оно состоит из мельчайших телец, напоминающих споры; они округлой формы, а внешняя стенка покрыта шипами. На самом деле это споры, микроспоры триллиума, и здесь, как и у голосеменных растений, они более известны как *пыльца*.

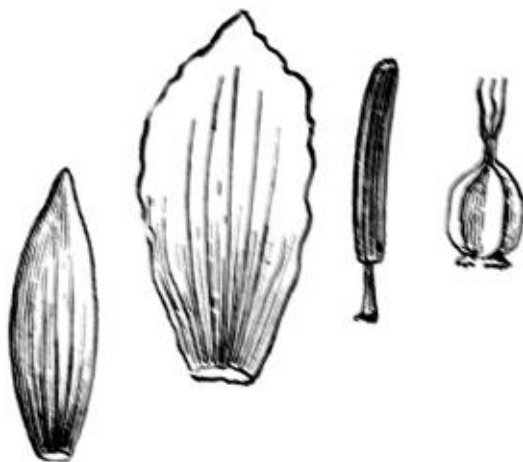


Рис. 379.

Чашелистик, лепесток, тычинка и пестик *Trillium grandiflorum*.



Рис. 380.

Trillium grandiflorum со сложным пестиком, распущенным на три листовидных элемента. Справа эти три элемента показаны в деталях.

643. Тычинка — это спорофилл.— Поскольку эти пыльцевые зерна являются спорами, мы могли бы заключить из того, что мы узнали о папоротниках и голосеменных, что этот член цветка, на котором они растут, является спорофиллом; и это так. На самом деле это то, что называется *микроспорофиллом*. Затем мы также видим, что пыльцевые мешочки, поскольку они заключают в себе споры, были бы спорангиями (*microsporangia*). Из этого теперь совершенно ясно, что тычинки также принадлежат к листовому ряду. Их всего шесть, в два раза больше, чем в завитке листьев, чашелистиках или венчике. Поэтому считается, что в цветке триллиума есть два завитка тычинок.

644. Гинциум.— Рядом с тычинками и в центре цветка находится крепкое, угловатое, яйцевидное тело, которое заканчивается тремя длинными, тонкими, изогнутыми остриями. Это пестик, и в настоящее время единственное предположение, которое он дает о принадлежности к листовому ряду, - это тот факт, что конец разделен на три части, по количеству частей в каждом последующем завитке элементов цветка. Если мы сделаем разрез поперек тела этого пестика и исследуем его с малой мощностью, мы увидим, что в нем есть три камеры или полости, и на стыке каждой стенки наводят нас на мысль, что это тело могло образоваться в результате складывания краев трех листовидных элементов, места соприкосновения которых затем срослись. Мы видим также, что из загнутых краев каждого деления пестика в полости выделяются овальные тела. Это *семяпочки*. Итак, семяпочки, о которых мы узнали из нашего изучения голосеменных растений, - это *спорангии* (здесь макроспорангии). Теперь более очевидно, что это любопытное тело, пестик, состоит из трех листовидных элементов, которые срослись вместе, каждый элемент является эквивалентом спорофилла (здесь макроспорофилла). Это, должно быть, захватывающее наблюдение, что растения таких совершенно разных групп и таких разных степеней сложности должны иметь элементы, сформированные по одному плану и принадлежащие к одному и тому же ряду элементов, выполняющие сходные функции, и все же выполняемые с такими значительными модификациями, что поначалу мы не видим той общей точки соприкосновения, которую так ясно выявляет сравнительное исследование.



Рис. 381.

Аномальный триллиум. Девять частей околоцветника зеленые, а наружные завитки тычинок расширены в лепестковидные элементы.



Рис. 382.

Трансформированная тычинка триллиума с участками пыльников по краю.

645. Превращения цветка триллиума.— Если бы требовалось что-то еще, чтобы прояснить, что части цветка триллиума принадлежат к серии листьев, мы могли бы получить доказательства из трансформаций, которые иногда представляет цветок триллиума. На [рис. 381](#) представлен эскиз цветка триллиума, сделанный по фотографии. Одна пара тычинок разрослась в лепестковидные органы с пыльниковыми мешочками по краю. На [рис. 380](#) показано растение *Trillium grandiflorum*, у которого пестик разделился на три отчетливые и расширенные листовидные структуры, все зеленые, за исключением участков по краю.

Dentaria.

646. Общий вид.—Для другого исследования мы можем взять растение, принадлежащее к другому подразделению высших растений, обыкновенный “перечный корень”, или “зубочистка” (*Dentaria diphylla*), как его иногда называют. Это растение встречается во влажных лесах в мае месяце и хорошо распространено на северо-востоке Соединенных

Штатов. Растение показано на [рис. 383](#). У него ползучее подземное корневище, беловатого цвета, мясистое, с несколькими чешуйками. Каждую весну из одной из почек корневища поднимается однолетний цветоносный стебель, который после созревания семян отмирает.

Листья расположены немного выше средней точки стебля. Они расположены напротив друг друга, и их число равно двум, каждый из которых разделен на три зубчатые доли, образующие так называемый сложный лист.

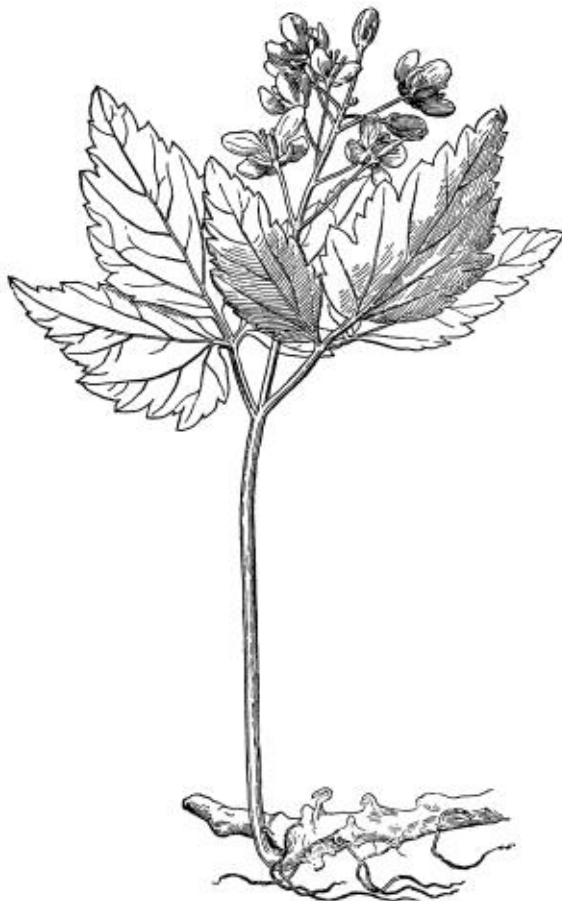


Рис. 383.

Зубочелюстная (*Dentaria diphylla*).



Рис. 384.

Цветок зубочистки (*Dentaria diphylla*).

647. Части цветка.—Цветков несколько, и они расположены на довольно длинных черешках (цветоножках), разбросанных по конечной части стебля. Теперь мы должны рассмотреть части цветка, начиная с чашечки. Это мы можем видеть, глядя на нижнюю

сторону некоторых цветков, имеющих четыре чешуевидных чашелистика, которые легко опадают после раскрытия цветка. Они не так похожи на листья, как чашелистики триллиума, но принадлежат к серии листьев, и в наборе из четырех их две пары. Венчик также имеет четыре лепестка, которые более расширены, чем чашелистики, и имеют беловатый цвет. Тычинок шесть, одна пара ниже остальных, а также короче. Длина нити пропорциональна длине пыльника, последний состоит из двух лепестков или мешочков, а не из четырех, как у триллиума. Пестик состоит из двух плодолистиков, или сросшихся вместе листьев. Итак, в случае с корнем перца мы обнаруживаем, что части цветка состоят из двух частей или кратны двум. Таким образом, в этом отношении они сходятся с листьями; и хотя мы не видим такого сильного сходства между частями цветка здесь и листьями, все же по присутствию пыльцы (микроспор) в пыльцевых мешочках (микроспорангии) и семязпочек (макроспорангии) по краям каждой половины пестика мы, исходя из наших предыдущих исследований, можем признать, что все члены цветка принадлежат к серии листьев.

648. У триллиума и у корня перца мы видели, что частей цветка в каждом видимом завитке либо столько же, сколько листьев в завитке, либо несколько кратнее этого числа. Это верно для большого количества других растений, но это верно не для всех. Достаточно взглянуть на весеннюю красавку (*Claytonia virginiana*) и на ветреницу (или *Isorugum biternatum*, рис. 563), чтобы показать, что количество различных представителей цветка может варьироваться. Триллиум и дентария были выбраны в качестве хороших примеров для изучения в первую очередь, чтобы было предельно ясно, что элементы цветка в основе своей представляют собой листовые структуры, или, скорее, что они принадлежат к тому же ряду элементов, что и листья растения.

649. Краткий обзор представителей спорофита у покрытосеменных растений.

Высшее
растение.

Фаза спорофита

(или
современная
фаза)

Корень.

Побег.

Стебель.

Листья уходит.

Листья
околоцветника.

Лист.

Спороносные
листья

со
спорангиями.

Цветок.

(Иногда
спорангии

на побеге.)

ГЛАВА XXXVI. ГАМЕТОФИТ И СПОРОФИТ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ.

650. Мужской проталлий покрытосеменных растений. Первое деление, которое происходит в ядре пыльцевого зерна, происходит у триллиума и многих других покрытосеменных растений до того, как пыльцевое зерно созреет. В случае некоторых образцов *T. grandiflorum*, у которых пыльца образовалась в октябре месяце за год до цветения, деление ядра на два произошло вскоре после образования четырех клеток из материнской клетки. Разделенное ядро в молодом пыльцевом зерне показано на [рис. 385](#). После этого стенка пыльцевого зерна становится более плотной, и образуются мельчайшие колючие выступы.



Рис. 385.

Почти зрелое пыльцевое зерно триллиума. Меньшая клетка - это генеративная клетка.

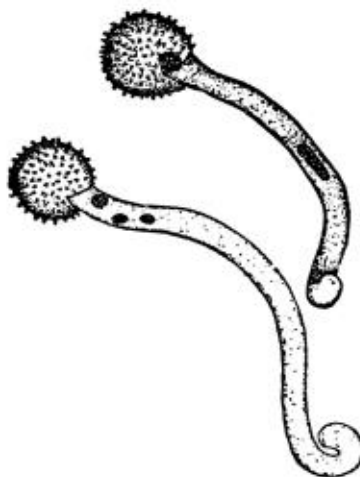


Рис. 386.

Прорастающие споры (пыльцевые зерна) пельтандры; генеративное ядро в одном неразделенное, в другом разделенное с образованием двух ядер сперматозоидов; вегетативное ядро в каждом рядом с пыльцевым зерном.

651. Более крупная клетка является вегетативной клеткой проталлия, в то время как меньшая, поскольку она позже образует сперматозоиды, является генеративной клеткой. Тогда эта генеративная клетка соответствует центральной клетке антеридиума, а вегетативная клетка, возможно, соответствует клетке стенки антеридиума. Если это так, то мужской проталлий покрытосеменных растений сократился до очень простого антеридия. Дальнейший рост происходит после оплодотворения. У некоторых растений генеративная клетка делится на два сперматозоида при созревании пыльцевого зерна. В других случаях генеративная клетка делится в пыльцевой трубке после прорастания пыльцевого зерна. Для исследования пыльцевой трубки пыльцу можно проращивать в слабом растворе сахара или на поверхности срезаемого плода груши, причем последний следует хранить во влажной камере, чтобы предотвратить пересыхание поверхности.

652. Весной после цветения пыльца вылетает из мешочков пыльников и в результате опыления оседает на рыльце пестика. Здесь он, как мы говорим, прорастает, то есть у него развивается длинная трубка, которая проходит вниз через почку и через микропочву к зародышевому мешочку, где, в соответствии с тем, что происходит у других исследованных растений, один из сперматозоидов соединяется с яйцеклеткой, и результатом является оплодотворение яйцеклетки.

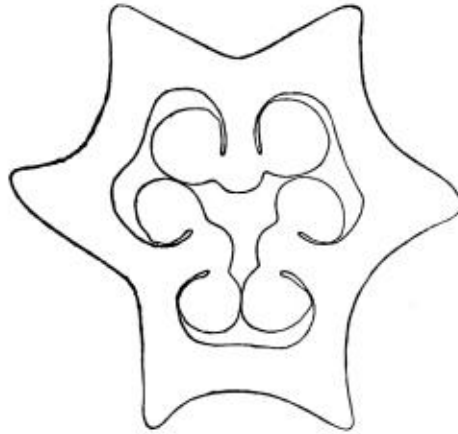


Рис. 387.

Срез пестика триллиума, показывающий положение семязпочек (макроспорангий).



Рис. 388.

Мандрагора (*Podophyllum peltatum*).

653. Макроспора и зародышевый мешок.—У *trillium* три плодолистика объединены в один, а у *dentaria* два плодолистика также объединены в один сложный пестик. Простые пестики встречаются у многих растений, например, у ранункулюса, лютиков, водосбора и др. Эти простые пестики имеют большее сходство с листом, края которого загнуты так, что они сходятся и заключают семяпочки или спорангии.

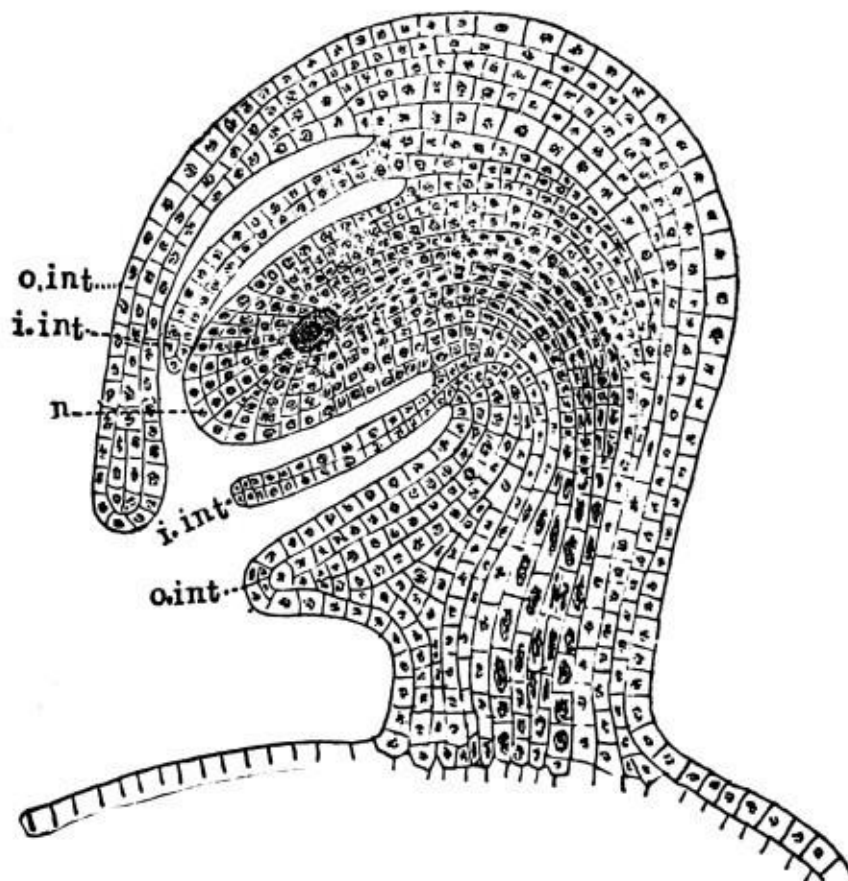


Рис. 389.

Молодая семяпочка (макроспорангий) *podophyllum*. *n*, nucellus, содержащий одноклеточную стадию макроспоры; *i.int*, внутренний покров; *o.int*, внешний покров.

654. Если мы разрежем сложный пестик триллиума поперек, то обнаружим, что загибки трех пестиков сходятся, образуя три частичные перегородки, которые простираются почти до центра, разделяя три промежутка. В этих промежутках находятся семяпочки, которые прикреплены к загнутым краям. Если мы сделаем поперечные срезы пестика майской яблони (*podophyllum*) и семяпочек, когда они совсем молодые, мы обнаружим, что семяпочка имеет структуру, подобную той, что показана на [рис. 389](#). В *n* находится ячейка, намного большая, чем окружающие. Это называется макроспорой. Окружающая его ткань называется здесь нуцеллусом, но поскольку она содержит макроспору, это должен быть макроспорангий. Две оболочки семяпочки еще короткие и не выросли над концом нуцеллуса. Эта макроспора увеличивается в размерах, образуя сначала полость или мешочек в нуцеллусе, *зародышевом мешке*. Ядро делится несколько раз, пока не образуется восемь: четыре на микропиларном конце зародышевого мешка и четыре на противоположном конце. У некоторых растений было обнаружено, что одно ядро из каждой группы из четырех перемещается к середине зародышевого мешка. Здесь они сливаются вместе, образуя одно ядро, *ядро эндосперма* или *дефинитивное ядро* показанное на [рис. 390](#). Одно из ядер на микропиларном конце - это яйцеклетка, в то время как два меньших ядра ближе к концу - это *синергиды*. Яйцеклетка - это все, что осталось от архегония в этом восстановленном проталлиуме. Три ядра на нижнем конце являются *антиподальными* клетками.

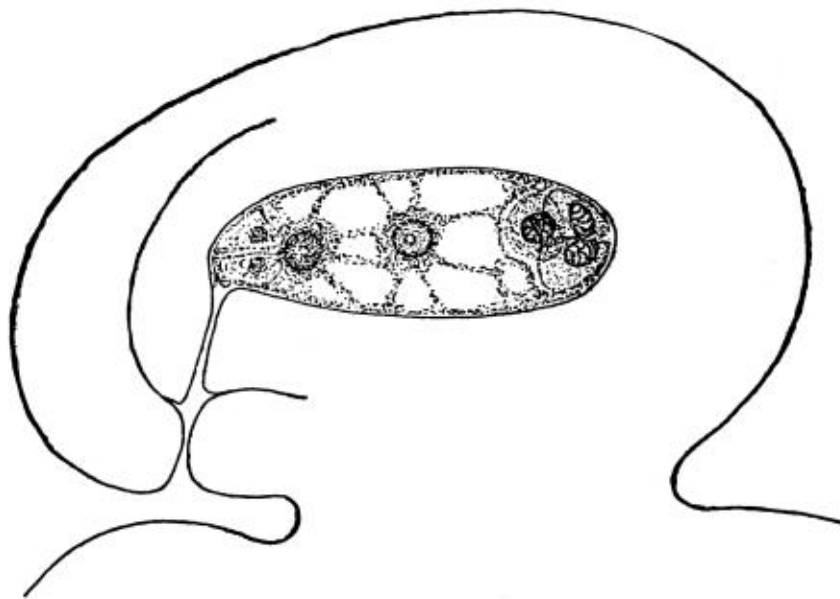


Рис. 390.

Podophyllum peltatum, семяпочка, содержащая зрелый зародышевый мешок; две синергиды и яйцеклетки слева, ядро эндосперма в центре, три противоположные клетки справа.

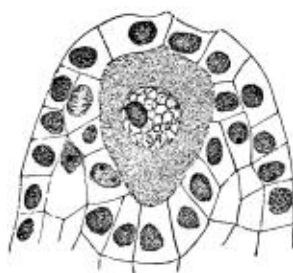


Рис. 391.

Макроспора (одноклеточная стадия) лилии.

655. Эмбриональный мешок - это молодой женский проталлий.—На рис. [391-393](#) показаны различные стадии развития зародышевого мешка у *lilium*. Эмбриональный мешок на этой стадии представляет собой проталлиум молодой самки, а яйцеклетка - единственный остаток женского полового органа, архегония, в этом редуцированном гаметофите.

656. Оплодотворение.—Когда пыльцевая трубка достигает зародышевого мешка (параграф 652), она открывается, и два сперматозоида опорожняются рядом с яйцеклеткой. Первое ядро сперматозоида попадает в протоплазму, окружающую ядро яйцеклетки, и, соединяясь с последним, приводит к оплодотворению. Второе ядро сперматозоида часто соединяется с ядром эндосперма (или с одним или обоими "полярными ядрами"), вызывая то, что некоторые называют вторым оплодотворением. Там, где это происходит в дополнение к соединению первого ядра сперматозоида с ядром яйцеклетки, это называется *двойным оплодотворением*. Ядро сперматозоида обычно меньше ядра яйцеклетки, но часто вырастает почти до размера ядра яйцеклетки перед соединением. См. рис. [394](#) и [395](#).

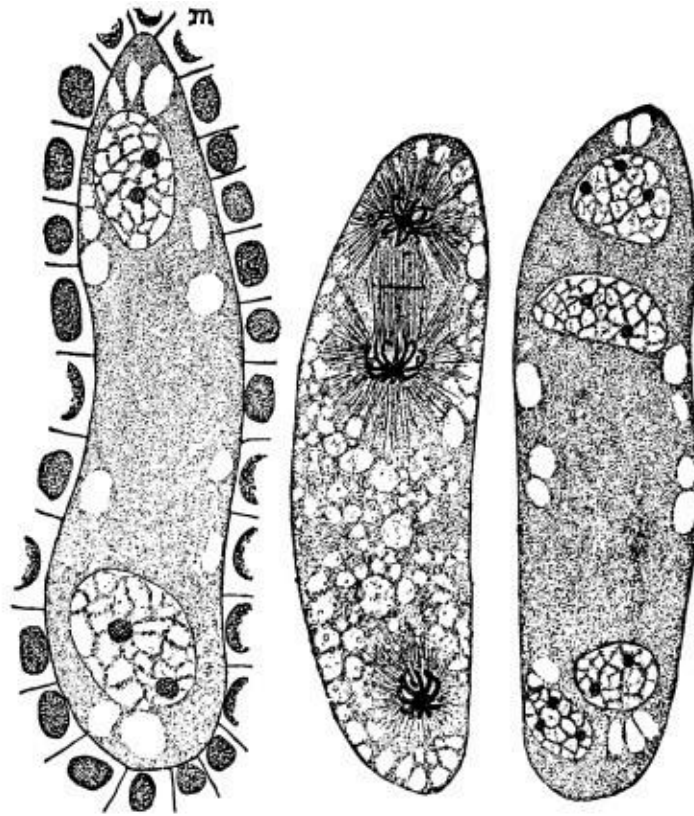


Рис. 392.

Двух- и четырехклеточная стадия зародышевого мешка лилии. Средняя показывает деление ядер с образованием четырехклеточной стадии. (Пасхальная лилия.)

657. Процесс оплодотворения у растений в принципе такой же, как и у животных. У всех больших групп растений, представленных *spirogyra*, *ddogonium*, *vaucheria*, *peronospora*, папоротниками, голосеменными и покрытосеменными, оплодотворение, как мы видели, заключается в слиянии мужского ядра с женским. Таким образом, оплодотворение у растений идентично тому, что происходит у животных.

658. Эмбрион.—После оплодотворения яйцеклетка развивается в короткий ряд клеток, *подвеску* эмбриона. На свободном конце развивается зародыш. На фиг. [397](#) и [398](#) - молодой эмбрион триллиума.

659. Эндосперм, зрелый женский проталлий.— Во время развития эмбриона ядро эндосперма делится на огромное количество ядер в массе протоплазмы, и образуются клеточные стенки, разделяющие их на клетки. Эта масса клеток является *эндоспермом*, и она окружает эмбрион. Это *зрелый женский проталлий*, задерживающийся в росте у покрытосеменных растений, обычно развивающийся только тогда, когда происходит оплодотворение, и его использование гарантировано.

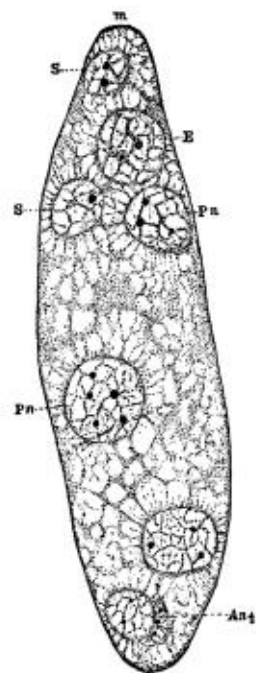


Рис. 393.

Зрелый эмбриональный мешок (молодой проталлий) лилии. *m*, микропилярный конец; *S*, синергиды; *E*, яйцо; *Pn*, полярные ядра; *Муравей*, антиподы. (Пасхальная лилия.)

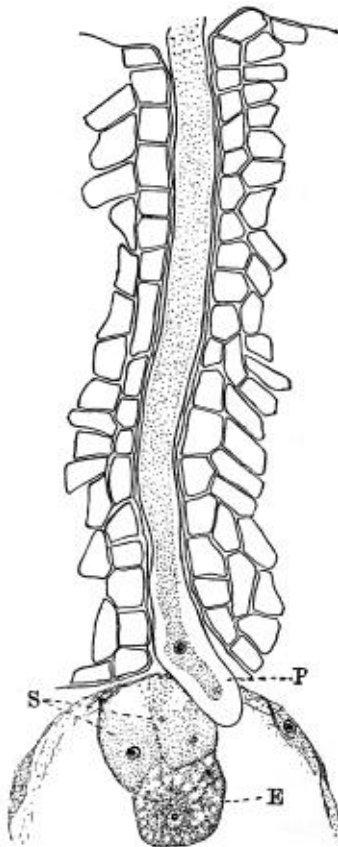


Рис. 394.

Разрез через нуцеллу и верхнюю часть зародышевого мешка хлопка во время входа в пыльцевую трубку. *E* - яйцеклетка; *S* - синергиды; *P* - пыльцевая трубка со сперматозоидом в конце. (Даггар.)

660. Семя.— По мере развития эмбриона он получает питание из эндосперма (или, в некоторых случаях, возможно, из нуцеллуса). В то же время покровы увеличиваются в объеме и затвердевают по мере формирования семени.

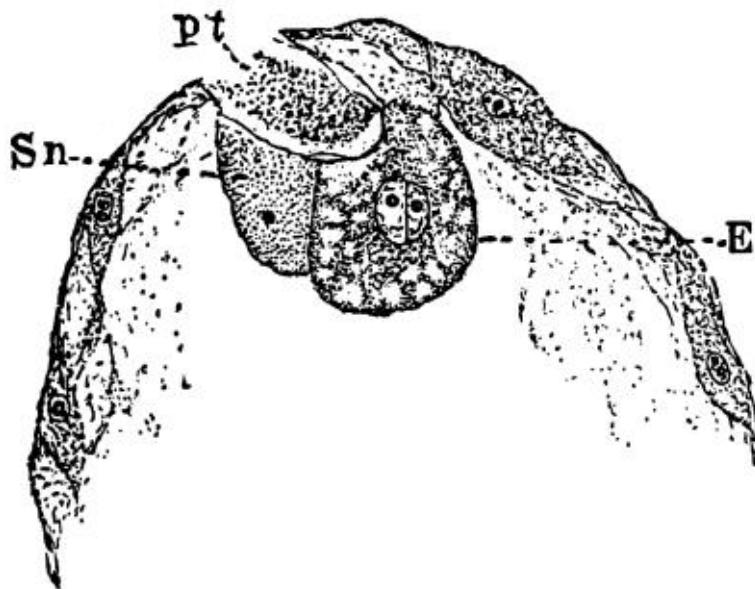


Рис. 395.

Удобрение хлопка. *pt*, пыльцевая трубка; *Sn*, синергиды; *E*, яйцеклетка со слиянием мужского и женского ядер. (Даггар.)

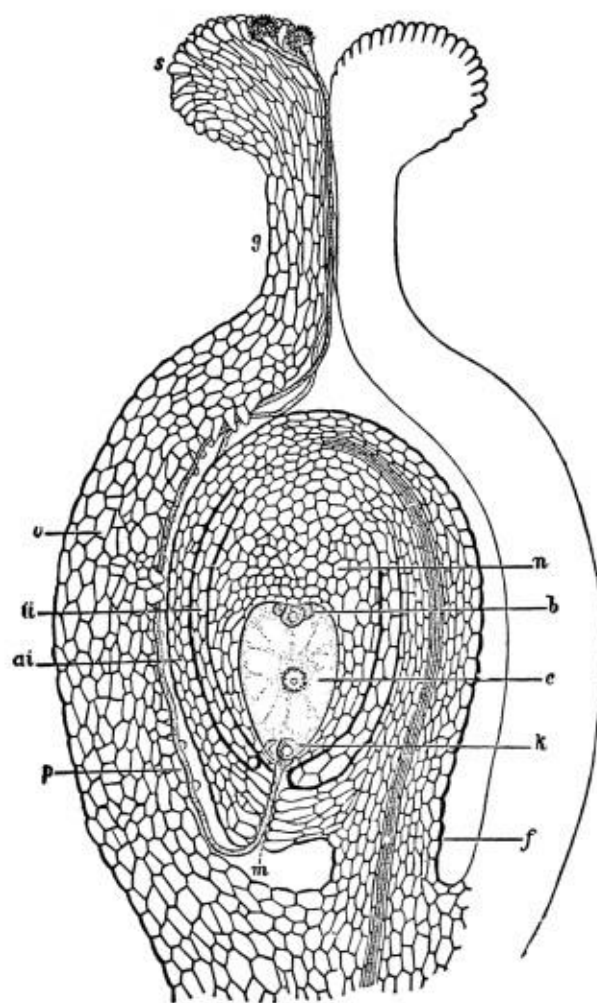


Рис. 396.

Схематический разрез яичника и семяпочки в момент оплодотворения у покрытосеменных растений. *f*, фуникулер семяпочки; *n*, нуцеллус; *m*, микропил; *b*, клетки-антиподы эмбрионального мешка; *e*, ядро эндосперма; *k*, яйцеклетка и синергиды; *ai*, наружный покров семяпочки; *ii*, внутренний покров. Путь пыльцевой трубки показан вниз через фасетку, стенки завязи к микропилярному концу зародышевого мешка.

661. Перисперм.—У большинства растений нуцеллус полностью расходуется при развитии эндосперма, так что рядом с внутренним покровом остаются лишь мельчайшие фрагменты дезорганизованных клеточных стенок. Однако у некоторых растений (семейство водяных лилий, семейство перечных и др.) часть нуцеллуса остается неповрежденной в зрелом семени. В таких семенах оставшейся частью зерновки является *перисперм*.

662. Наличие или отсутствие эндосперма в семени.—У многих покрытосеменных растений весь эндосперм потребляется эмбрионом во время его роста при формировании семени. Это относится к семейству розовых, крестоцветным, сложным растениям, ивам, дубам, бобовым и т.д., а также к желудю, фасоли, гороху и другим. У некоторых, например у фасоли, большая часть питательного вещества, переходящего из эндосперма в зародыш, сохраняется в семядолях для использования во время прорастания. У других растений эндосперм не весь расходуется к моменту созревания семени. Примеры такого рода встречаются в семействе лютиковых, фиалковых, лилейных, пальмовых, валетовых и др. Здесь оставшийся в семени эндосперм используется эмбрионом в качестве пищи во время прорастания.

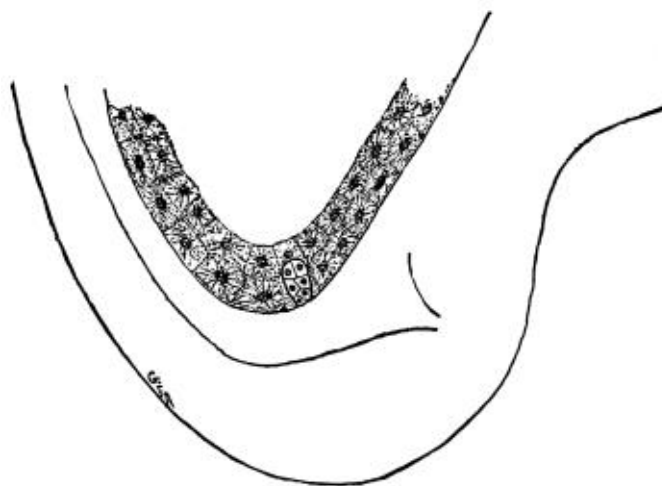


Рис. 397.

Разрез одного конца семяпочки триллиума, показывающий молодой эмбрион в эндосперме.



Рис. 398.

Эмбрион увеличен.

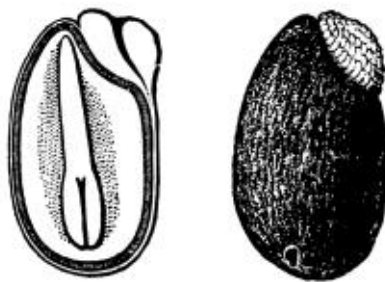


Рис. 399.

Семена фиалки, внешний вид и сечение. На разрезе показан эмбрион, находящийся в эндосперме.

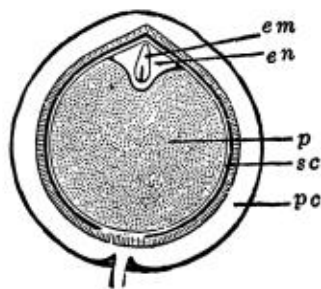


Рис. 400.

Срез плода перца (*Piper nigrum*), показывающий маленький зародыш, лежащий в небольшом количестве беловатого эндосперма на одном конце, перисперм занимает большую часть внутренней части, окружен околоплодником.

663. Внешние части семени.—В то время как внутри семяпочки формируется эмбрион и происходит рост эндосперма, где он формируется, во внешних частях семяпочки и часто в прилегающих частях цветка происходят другие соответствующие изменения. Они объединяются в создании “семени”, или “плода”. Особенно в связи с формированием семени происходит новый рост внешней оболочки семяпочки, или покрова, образующего наружную оболочку семени, известную как *семенная яичка*, в то время как внутренняя оболочка поглощается. В некоторых случаях внутренний покров семяпочки также образует новый нарост, образующий внутреннюю оболочку семени (*rosaceae*). В третьих случаях ни один из покровов не развивается в семенное яйцо, и эмбриональный мешок соприкасается со стенкой яичника. И снова вокруг семени вырастает дополнительная оболочка; пример этого можно найти в случае с красными ягодами “тиса” (*taxus*), причем красная внешняя оболочка представляет собой дополнительный нарост, называемый *арилом*.

У ивы и молочая развивается опушение в виде пучка волосков. (У ивы это отросток фуникулера, = ножка семяпочки, и называется фуникулярным венчиком; в то время как у молочая это отросток микропиля, = открытый конец семяпочки, и называется микропиллярным венчиком.)

664. Увеличивается в размерах во время формирования семян.— Этот дополнительный рост различных частей семяпочки при формировании семени сопровождается увеличением размера, так что семя часто намного превышает по размеру семяпочку на момент оплодотворения. В то же время части завязи и у многих растений прикрепленные части цветочных оболочек, как у яблока; или цветоноса, как у клубники; или обертки, как у желудя; также стимулируются к дополнительному росту и помогают в образовании плода.

665. Краткий обзор семени.

Семя.		Плодоножка, присутствует редко.
		Яйцевидные оболочки (обычно присутствуют одна или две), <i>семенное яйцо</i>. Фуникулер (ножка семяпочки), <i>шов</i> (часть семяпочки при изгибе в

Созревшая семяпочка.

сторону семяпочки),
микропиль, рубчик (рубец
в месте прикрепления
семени к завязи).

Остаток нуцеллуса
(центральная часть
семяпочки); иногда
нуцеллус остается в виде
перисперма в некоторых
белковых семенах.

Эндосперм, присутствующий в белковых семенах.

Эмбрион внутри окружен эндоспермом, когда он присутствует, или остатками нуцеллуса, а также яйцевидными оболочками, которые образуют семенные яички. У многих семян (например, фасоли) эндосперм переходит в семядоли, которые становятся мясистыми (семена с высоким содержанием белка).

666. Части семяпочки.—На [рис. 401](#) представлены три различных вида семяпочек, которые зависят от положения семяпочки относительно ее ножки. Канатик - это ножка семяпочки, бугорок - точка прикрепления семяпочки к завязи, шип - это часть канатика, соприкасающаяся с семяпочкой при перевернутых семяпочках, халаза - это часть семяпочки, где нуцеллуса и покровы сливаются у основания семяпочки, а микропиль - это отверстие на вершине семяпочки, где оболочки не сходятся.

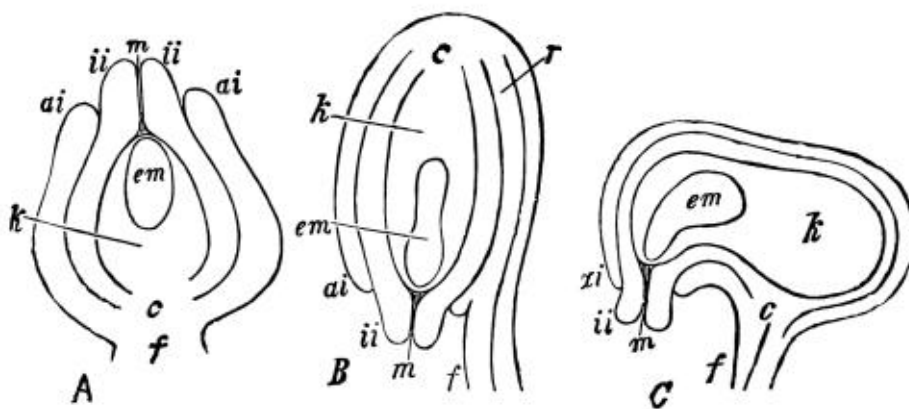


Рис. 401.

A представляет собой прямую (ортотропную) семяпочку многоугольника; B, перевернутую (анатотропную) семяпочку лилии; и C, прямоугольную (кампилотропную) семяпочку фасоли. f, фуникулер; c, халаза; k, нуцеллус; ai, наружный покров; ii, внутренний покров; m, микропиль; et, эмбриональный мешок.

Сравнение органа и члена.

667. Тычинки и пестики не являются половыми органами.— До того, как половые органы и половые процессы у растений были должным образом поняты, ботаники обычно называли тычинки и пестики цветковых растений половыми органами. Столетие назад некоторые из первых ботаников обнаружили, что у многих растений семя не образуется, если сначала пыльца с тычинок не осядет на рыльце пестика. Небольшое дальнейшее исследование показало, что пыльца прорастала на рыльце и образовывала трубку, которая спускалась через пестик в семязпочку.

Предполагалось, что этот процесс, включая отложение пыльцы на рыльце, является оплодотворением, тычинка рассматривалась как мужской половой орган, а пестик - как женский. Однако при дальнейшем изучении, и особенно при сравнении цветковых растений с низшими, мы выяснили, что тычинки и пестики не являются половыми органами цветка.

668. Тычинки и пестики представляют собой спороносные листья.—Тычинка - это спороносный лист, а пыльцевые зерна мало чем отличаются от спор; на самом деле это мелкие споры покрытосеменных растений. Пестик также является спороносным листом, семязпочка - спорангием, который содержит крупную спору, называемую *зародышевым мешком*. Мы знаем, что у папоротников споры прорастают и образуют зеленый проталлиум в форме сердца. Проталлиум несет половые органы. Теперь листья папоротника содержат споры, а споры образуют проталлиум. Так же обстоит дело и с цветковыми растениями. На тычинке находятся мелкие споры — пыльцевые зерна, а пыльцевые зерна образуют проталлиум. Проталлиум, в свою очередь, образует половые органы. Процесс в целом тот же, что и у папоротников, но с одним особым отличием: проталлиум и половой орган цветковых растений очень сильно редуцированы.

669. Разница между органом и членом.—Хотя не совсем корректно говорить, что тычинка является половым органом или мужским органом, мы могли бы рассматривать ее как *мужской член* цветка, и нам следует различать *орган* и *член*. Это *орган* когда мы рассматриваем *выработку пыльцы*, но это не половой орган. Когда мы рассматриваем *оплодотворение* это не половой орган, а *мужской член* цветка, который несет маленькую спору.

Следующая таблица послужит для обозначения этих соотношений.

Тычинка = спороносный лист = мужская часть цветка.

Местоимение пыльника = спорангий.

Пыльцевое зерно = мелкая спора = уменьшенный мужской проталлий и половой орган.

Таким образом, пестик не является половым органом, но может рассматриваться как женская часть цветка.

Пестик = спороносный лист = женская часть цветка.

Семязпочка = спорангий.

Эмбриональный мешок = крупная спора = женский проталлий, содержащий яйцеклетку.

Яйцеклетка = редуцированный архегоний = женский половой орган.

Прогрессирование и регресс у спорофитов и гаметофитов.

670. Спорофит заметный и сильно развитый.—Тогда у покрытосеменных, как мы видели на примере уже изученных растений, триллиумы, дентарии и др. Являются спорофитами, то есть они представляют спороносную, или спорофитную, стадию. Точно так же, как мы обнаружили в случае с голосеменными и папоротниками, эта стадия является наиболее заметной и той, по которой мы характеризуем и узнаем растение. Мы видим также, что растения этой группы все еще более высокоспециализированы и сложны, чем голосеменные, точно так же, как они были более специализированными и сложными, чем представители группы папоротников. От очень простого состояния, в котором мы, возможно, находим спорофит у некоторых водорослей, таких как *spirogyra*, *vaucheria* и *coleochete*, наблюдалось постепенное увеличение размера, специализации частей и сложности структуры у мохообразных, птеридофитов и голосеменных, до высших типов строения растений, обнаруженных у покрытосеменных. Мы не только находим, что эти изменения имели место, но и видим, что из условия полной зависимости стадии спороносства от половой стадии (гаметофита), как мы находим это у печеночников и мхов, оно сначала освобождается от гаметофита у представителей группы папоротниковых и здесь способно вести независимое существование. Таким образом, спорофит можно рассматривать как современную фазу жизни растений, поскольку именно она стала и остается наиболее заметной в более поздние времена.

671. Гаметофит, некогда выдающийся, вырождается.— С другой стороны, мы можем видеть, что столь же заметные изменения произошли и в другой фазе жизни растения, в половой стадии, или гаметофите. Есть основания полагать, что гаметофит был стадией жизни растений, которая в ранние времена существовала почти за исключением спорофита, поскольку характерный слоевище водорослей лучше приспособлено к водной жизни, чем спороносное состояние растений. По крайней мере, сейчас мы обнаруживаем, что у растений этой группы, так же как и у печеночников, гаметофит является выдающейся стадией. Когда мы добираемся до представителей группы папоротниковых и спорофит становится самостоятельным, мы обнаруживаем, что гаметофит уменьшается в размерах, у высших представителей птеридофитов мужской проталлиум состоит всего из нескольких клеток, в то время как женский проталлиум завершает свое развитие все еще внутри стенки споры. А у селлагинелл питание полностью зависит от спорофита.

672. Когда мы проходим через голосеменные растения, мы обнаруживаем, что положение вещей, существовавшее у мохообразных, изменилось на противоположное, и гаметофит теперь полностью зависит в своем питании от спорофита, женский проталлий даже не освобождается от спорангия, который остается прикрепленным к спорофиту, в то время как остаток мужского проталлия на стадии своего роста получает питание из тканей нуцеллы, через которые он прикладывает себе путь к яйцеклетке.

673. У покрытосеменных растений эта постепенная деградация мужского и женского проталлиев достигла кульминации в одноклеточном мужском проталлиуме с двумя сперматозоидами и в зародышевом мешке без четко различимых следов архегония, позволяющих идентифицировать его как женский проталлий. Считается, что развитие эндосперма, последующее, в большинстве случаев, за оплодотворением, обеспечивающее питание спорофитного эмбриона на той или иной стадии, является последним остатком женского проталлия у растений.

674. Семя. Семя — это единственный важный признак, которым обладают высшие растения (голосеменные и покрытосеменные), которым не обладают те или иные из низших больших групп. По мере постепенного развития высших растений из низших в определенные периоды развились органы или структурные признаки, которых не было у некоторых низших групп. Таким образом, слоевище является растительным телом

водорослей и грибов, так что эти две группы растений иногда называют *таллофитами*. У мохообразных (печеночников и мхов) слоевище все еще присутствует, но вместо простой женской гаметы, или оогония, или карпогония водорослей и грибов, добавлен высокоорганизованный архегоний, и спорофит стал отдельной, хотя и все еще зависимой структурой. У птеридофитов слоевище все еще присутствует в виде проталлия, архегонии также присутствуют, и хотя обе эти структуры ретроградны, спорофит стал независимым и впервые организовал настоящую сосудистую систему для доставки воды и пищи. У голосеменных и покрытосеменных растений слоевище присутствует в эндосперме; отчетливые, хотя и редуцированные архегонии присутствуют у большинства голосеменных растений и представлены только яйцеклеткой у покрытосеменных; сосудистая система еще более развита, в то время как семя формируется впервые, и характеризует эти растения так, что их называют семенными растениями, или *сперматофитами*.

Вариация, Гибридизация, Мутация.

674а. Вариативность.—Хорошо известный факт, что растения, так же как и животные, подвержены вариативности. При определенных условиях, некоторые из которых частично понятны, а другие неизвестны, потомство растений отличается по одному или нескольким признакам от своих родителей. Считается, что некоторые из этих изменений вызваны влиянием окружающей среды (см. Части III и IV). Другие являются результатом скрещивания особей, которые демонстрируют большие или меньшие различия по одному или нескольким признакам, или скрещивания разных видов (*гибридизация*). Наиболее глубокие вариации - это те, которые возникают внезапно (*мутация*).

674b. Гибридизация.— Два разных вида “скрещиваются”, когда яйцеклетка одного вида оплодотворяется спермой другого вида. Потомство, полученное в результате такого скрещивания, является *гибридом*. Гибриды иногда напоминают одного родителя, иногда другого, иногда обоих. Там, где родители различаются только по одному признаку органа или структуры, существует обычный закон в отношении потомства, если они самооплодотворяются. В первом поколении все особи одинаковы и напоминают одного из родителей, и особый отличительный признак этого родителя называется *доминантным* признаком. Во втором поколении 75% обладают доминантным признаком, в то время как 25% напоминают другого первоначального родителя, и их дифференциальный признак называется *рецессивным*. Они являются *чистыми* рецессивными, поскольку последующие поколения, если они самооплодотворяются, всегда рецессивны. Из 75%, которые демонстрируют доминирующий характер во втором поколении, одна треть (или 25% от общего числа) являются чистыми доминантами, если самооплодотворение продолжается, в то время как 50% действительно являются “гибридами”, подобными первому поколению, и в случае самооплодотворения снова разделяются примерно на 25 доминантов, 50 гибридов и 25 рецессивов. Это то, что называется законом Менделя. Там, где первоначальные родители различаются более чем по одному признаку, результат более сложный (см. Принципы наследственности Менделя; также de Vries, *Das Spaltungsgesetz der Bastarde*, Ber. d. deutsch. bot. Gesell., 18, 83, 1900).

674с. Мутация.Этот термин применяется к тем вариациям, которые появляются так внезапно, что некоторые потомки двух сходных особей в заметной степени отличаются от всех остальных. Некоторые из этих мутаций настолько различны, что их можно рассматривать как новые виды. Некоторые из первоцветов демонстрируют мутации, а *Cenothera gigas* является мутацией от *Cenothera lamarkiana* (см. de Vries, *Die Mutationstheorie*, Лейпциг).

675.

ТАБЛИЦА, ПОКАЗЫВАЮЩАЯ ГОМОЛОГИЮ СПОРОФИТА И ГАМЕТОФИТА У
ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ.

ТЕРМИНЫ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ТЕМ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ У ПТЕРИДОФИТОВ. ОБЩИЕ ТЕРМИНЫ.

ТЕРМИН
Ы,
СООТВЕТ
СТВУЮЩ
ИЕ ТЕМ,
КОТОРЫ
Е

ОБЩИЕ
ТЕРМИНЫ.

ИСПОЛЬЗ
УЮТСЯ У
ПТЕРИД
ОФИТОВ.

	Спорофит = Высшее растение.	
	Спороносная часть = Тычинки и плодолистники.	
Спорофит Microsporophyll	Пыльница	
	Нити.	
	Микроспорангий	Пыльцевой мешочек, обычно два или четыре.
Спорофит Microsporophyll	Тычинки,	Микроспора, достигающая зрелости, обычно из 2 или 3
		Мужской гаметофит = пыльцевых зерен.

клетк
и
{моло
дой
мужс
кой
прота
llium}

1.
Круп
ная
клетк
а
(част
ь
стенк
и
антер
идия?
) , с

ядро
м,
окру
женн
ым
споро
вой
стенк
ой

=

Вегета
тивная
клетка.

2.
Мале
нькая
клетк
а с
ядро
м, без
стенк
и,
плава
ющая

в
прото
плазм
е
крупн
ой

Клетка
антер
идия
разде
лилас
ь, 2
сперм
атозо
ида

$$=$$

Отцовские
клетки,
или
генеративные
клетки.

ры
ль
це.
Ст
ил
ь.
За
вя
зь.

Макро-Нуж
спора елл
нгий, юс,
покры пок
тый 1 рыт
или 2 ый
слоям 1
и или
2
сло

ями
=
сем
япо
чка.

Же
нск
ий
гам
ето
фит

Макрос
пора,
клетка
на
конце
макрос
поранг
ия, не
станов
ится
свобод
ной,
полост
ь
увелич
иваетс
я

=

Одноядерн
ое
состояние
эмбрионал
ьного
мешка.

Макрос
пораде
лится
на 8
клеток
с
образо
ванием
молодо
го
женско
го
протал
лия

=

Эмбрионал
ьный мешо
к.

Остато
к
архего
ния,
яйцекл
етка
(женск
ий
полово
й

=

материнск
ая клетка
или
зародышев
ая клетка.

орган)		
Растущая часть проталия	=	Два полярных ядра сливаются, образуя ядро эндосперма.
Зрелый женский проталий	=	эндосперм, развивающийся многими отделами ядра эндосперма.
Молодой спорофит, окруженный частями и гаметофита, и новый рост старого спорофита	=	После оплодотворения яйцеклетки летка делится с образованием эмбриона. Зародыш в эндосперме (иногда после дний почти или совсем отсутствует), окруж

С
е
м
я.

	енны й оболо чками
Молодой спорофит, окруженный остатками гаметофита и новыми частями старого спорофита (остатками эндосперма и нуцеллуса, а также оболочкой яйцевидки) = семя.	

ГЛАВА XXXVII.

МОРФОЛОГИЯ ЯДРА И ЗНАЧЕНИЕ ГАМЕТОФИТА И СПОРОФИТА.

676. При развитии спор печеночников, мхов, папоротников и их союзников, а также при развитии микроспор голосеменных и покрытосеменных растений мы наблюдали, что четыре споры образуются из одной материнской клетки. Эти материнские клетки образуются в результате последнего деления фертильной ткани (археспория) спорангия. При обычном клеточном делении ядро всегда делится до деления клетки. Во многих случаях это напрямую связано с формированием делящейся клеточной стенки.

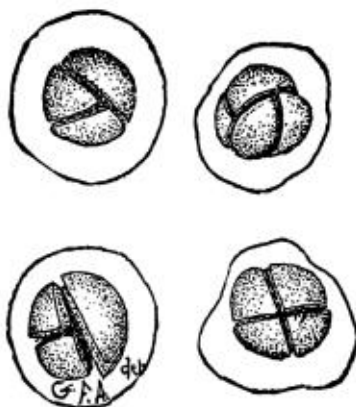


Рис. 402.

Образование спор в материнских клетках (*Polypodium vulgare*).

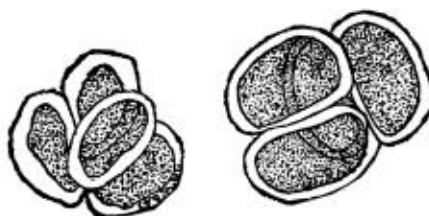


Рис. 403.

Споры только созревают, а стенка материнской клетки разрушается (*Asplenium bulbiferum*).

677. Прямое деление ядра.—Ядро делится двумя различными способами. С одной стороны, процесс очень прост. Ядро просто фрагментируется или разрезается надвое. Это прямое деление.

678. Непрямое деление ядра. С другой стороны, очень сложные явления предшествуют разделению ядра и сопровождают его, порождая последовательность ядерных фигур, представленных определенной, но изменяющейся серией эволюций со стороны ядерного вещества. Это *непрямое деление* ядра, или *кариокинез*. Непрямое деление ядра является обычным методом, и оно происходит при нормальном росте и делении клетки. Ядерные фигуры, образующиеся при делении материнской клетки на четыре споры, несколько

отличаются от тех, что возникают при вегетативном делении, но их изучение поможет показать общий характер процесса.

679. Хроматин и линин ядра.—На [рисунке 404](#) представлена материнская клетка пыльцы майской яблони (*podophyllum*). Ядро находится в стадии покоя. Существует сеть, состоящая из очень тонких нитей, *лининовая* сеть. На этой сетке расположены многочисленные мелкие гранулы, а на стыке нитей - отчетливые узелки. Ядрышко довольно большое и выпуклое. Многочисленные мелкие гранулы на линине окрашивают очень глубоко при обработке определенными красителями, используемыми для различения ядерной структуры. Это глубоко окрашивающее вещество является *хроматином* ядра.

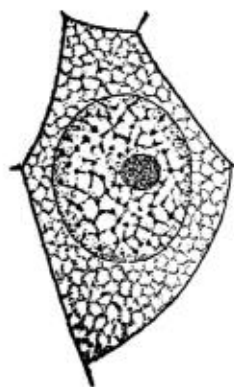


Рис. 404.

Материнская клетка пыльцы подофиллума, ядро в состоянии покоя. Хроматин, образующий сеть.

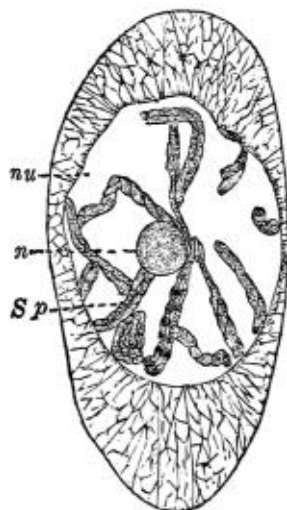


Рис. 405.

Стадия спирали зародыша. *nu*, полость ядра; *n*, ядрышко; *Sp*, спирем.

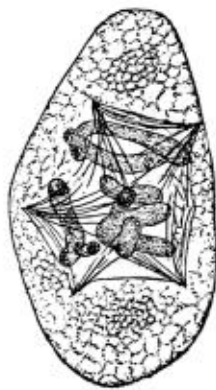


Рис. 406.

Образующее веретено, нити из протоплазмы с несколькими полюсами, связывающие хромосомы до ядерной пластинки.

(Рисунки 404-406 по Мотье.)

680. Моток хроматина.—Одной из первых ядерных фигур на подготовительных стадиях деления является *моток* или *спирема*. Вещество хроматина объединяется, образуя это. Шпиль выполнен в виде узкой непрерывной ленты, или перевязи, сплетенной в неправильный моток, или узел, как показано на [рисунке 405](#). Эта полоса разделяется в продольном направлении на две узкие, а затем каждая из них делится на определенное количество сегментов, около восьми в случае *podophyllum*. Иногда продольное расщепление полосы, по-видимому, происходит после разделения на сегменты хроматина. Сегменты остаются парами до тех пор, пока не разделятся на ядерной пластинке.

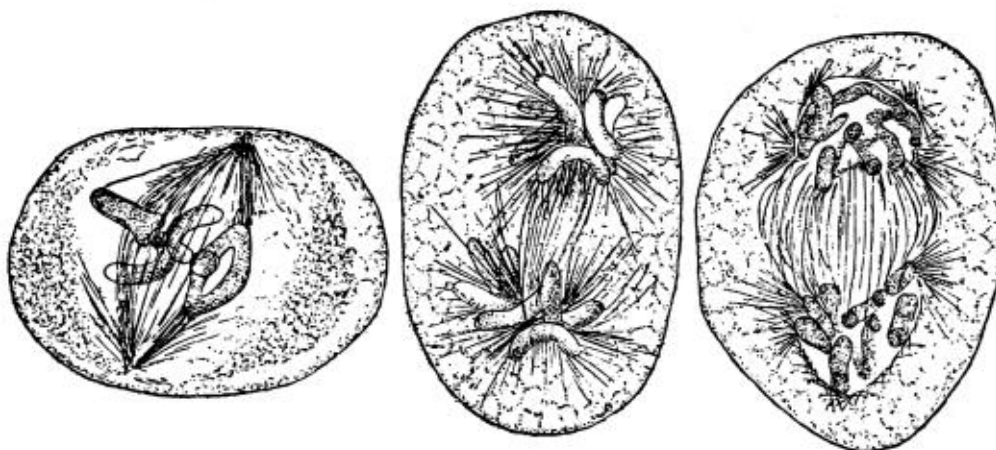


Рис. 407.

Кариокинез в материнских клетках пыльцы подофиллума. Слева изображено веретено с хромосомами, разделяющимися на ядерной пластинке; на среднем рисунке хромосомы достигли полюсов веретена, а справа хромосомы формируют дочерние ядра. (Вслед Мотье.)

681. Хромосомы, ядерная пластинка и ядерное веретено.—Каждый из этих палочковидных сегментов хроматина является *хромосомой*. Пары хромосом располагаются в срединной плоскости ядра, несколько расходясь звездообразно, образуя *ядерную пластинку*, или *монастер*. В то же время нити протоплазмы (киноплазмы) выстраиваются в виде

веретена, ось которого перпендикулярна ядерной пластинке хромосом, как показано на [рисунке 407](#), слева. Каждая пара хромосом теперь разделяется по линии деления исходной спирали, причем одна хромосома из каждой пары направляется к одному полюсу веретена, в то время как другая хромосома из каждой пары направляется к противоположному полюсу. Хромосомы здесь объединяются, образуя дочерние ядра. Теперь каждое из этих ядер делится, как показано на [рисунке 409](#) (точно не установлено, делятся ли хромосомы при этом втором делении в материнской клетке продольно или поперечно), и в материнской клетке пыльца образуются четыре ядра. Протоплазма вокруг каждого из этих четырех ядер теперь окружает себя стенкой, и образуются споры.



Рис. 408.

Различные стадии разделения U-образных хромосом в ядерной пластинке. (По Мотье.) *U. podophyllum*.



Рис. 409.

Второе деление ядер в материнской клетке пыльца подофиллума, хромосомы на полюсах.

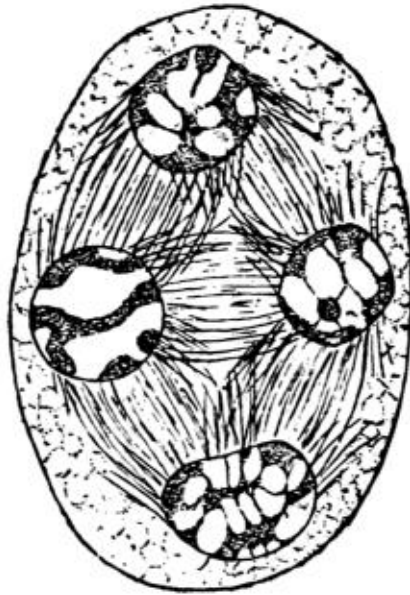


Рис. 410.

Хромосомы, соединяющиеся на полюсах, образуют ядра четырех спор. (Вслед Мотье.)

Количество хромосом обычно одинаковое у данного вида на протяжении одной фазы развития растения.—У тех растений, которые были тщательно изучены, было обнаружено, что количество хромосом в делящемся ядре довольно постоянно у данного вида на протяжении всех делений на этой стадии или фазе растения, особенно в эмбриональных или молодых растущих частях. Например, в проталлиуме, или гаметофите, некоторых папоротников, таких как *osmunda*, число хромосом в делящемся ядре всегда равно двенадцати. Таким образом, при развитии пыльцы лилии из материнских клеток и при делении пыльцевой клетки с образованием генеративных клеток или сперматозоидов, насколько было обнаружено, всегда имеется двенадцать хромосом. При развитии яйцеклетки лилии из макроспоры также имеется двенадцать хромосом.

Когда происходит оплодотворение, количество хромосом в эмбрионе удваивается.—В сперматозоидах осмунды, как и в яйцеклетке, поскольку они развиваются на гаметофите, насчитывается по двенадцать хромосом в каждой. То же самое верно и для сперматозоида (генеративной клетки) лилии, а также для яйцеклетки. Когда эти ядра соединяются, как это происходит при оплодотворении, отцовское ядро с материнским, число хромосом в оплодотворенной яйцеклетке, если мы возьмем в качестве примера лилию, составляет двадцать четыре вместо двенадцати; это число удваивается. Как мы уже видели, оплодотворенная яйцеклетка - это начало спорофита. Любопытно, что на протяжении всех делений ядра в эмбриональных тканях спорофита, насколько было установлено, вплоть до образования материнских клеток спор, количество хромосом обычно одно и то же.

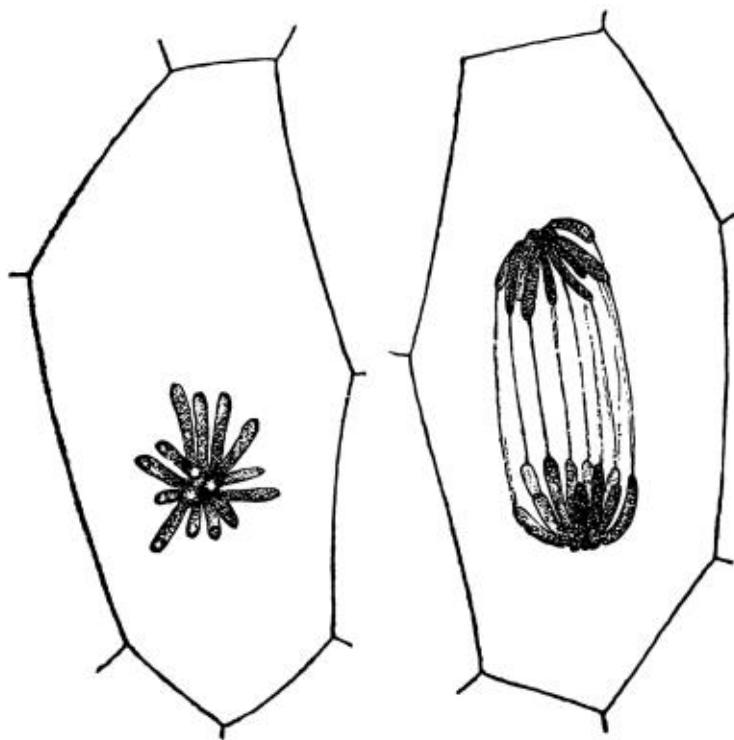


Рис. 411.

Кариокинез в клетках-спорофитах *podophyllum* (здесь вдвое больше хромосом, чем в материнских клетках делящихся спор).

682. Уменьшение числа хромосом в ядре.—Если бы ни в какой момент жизненного цикла растений не происходило уменьшения числа хромосом, их количество, таким образом, стало бы бесконечно большим. Однако сокращение имеет место. Обычно это происходит либо в материнской клетке спор, либо в отделах ее ядра в момент образования спор. В материнских клетках происходит своего рода псевдовосстановление, когда полоса хроматина разделяется на половину обычного числа ядерных сегментов. Таким образом, у *lilium* во время первого деления ядра материнской клетки полоса хроматина делится на двенадцать сегментов, а не на двадцать четыре, как это происходило на протяжении всей стадии спорофита. Таким образом, у *podophyllum* во время первого деления материнской клетки она разделяется на восемь, а не на шестнадцать. Вопрос о том, происходит ли качественное сокращение за счет поперечного разделения полосы спирема, не сопровождающееся продольным расщеплением, во время первого или второго кариокинеза, все еще остается под вопросом. По словам Беляева и других, качественное снижение действительно имеет место на некоторых заводах. Недавно автор обнаружил, что это происходит у *Trillium grandiflorum* во время второго кариокинеза, а у *Arisæma triphyllum* хромосомы делятся как поперечно, так и продольно во время первого кариокинеза, образуя четыре хромосомы, и здесь происходит качественная редукция.

683. Значение кариокинеза и редукции.Точность, с которой разделяется вещество хроматина ядра, когда на стадии спиреи и позже половинки хромосом распределяются по дочерним ядрам, привела к убеждению, что это вещество несет наследственные качества организма, и что эти качества, таким образом, с уверенностью передаются потомству. При редукции восстанавливается не только исходное количество хромосом, некоторые полагают, что также происходит качественное восстановление хроматина, т.е. Каждая из четырех спор обладает различными качественными элементами хроматина в результате восстановительного деления ядра во время их образования.

Увеличение числа хромосом в ядре происходит с началом развития спорофита, а численное уменьшение происходит в начале стадии гаметофита. Возможно, полное значение кариокинеза и редукции еще не известно, но нет никаких сомнений в том, что этим интересным явлениям в жизни растений следует придавать глубокое значение.

684. Гаметофит может развиваться непосредственно из ткани спорофита.—Если части спорофита определенных мхов в виде частей растущей сеточки или растущей коробочки поместить на влажный субстрат, при благоприятных условиях некоторые из внешних клеток вырастут непосредственно в протонемные нити. У некоторых папоротников, например у чувствительного папоротника (*Onoclea*), когда фертильные листья разрастаются в стерильные, протонемные выросты появляются среди прерванных спорангий на листьях спорофита. Подобные рудиментарные протонемные наросты иногда встречаются на листьях обыкновенного цветonoса (*Pteris*) среди спорангий, и некоторые из рудиментарных спорангий превращаются в протонему. У некоторых других папоротников, например у асплениума (*A. filix-fœmina*, var. *clarissima*), проталлии появляются среди абортirованных спорангий, которые несут антеридии и архегонии. В этих случаях гаметофит развивается из ткани спорофита без вмешательства или необходимости использования спор. Это *справка*.

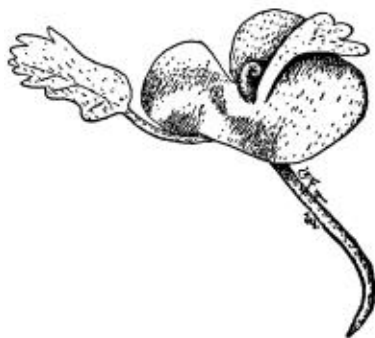


Рис. 412.

Апогамия у критского птериса.

685. Спорофит может развиваться непосредственно из ткани гаметофита.—У некоторых папоротников, например, у *Pteris cretica*, зародыш папоротникового спорофита возникает непосредственно из ткани проталлии, без вмешательства половых органов, а в некоторых случаях на таких проталлиях половые органы не развиваются. Таким образом, половые органы и слияние сперматозоида и ядра яйцеклетки здесь не являются необходимыми для развития спорофита. Это *апогамия*. Апогамия встречается у некоторых других видов папоротников, а также у других групп растений, хотя в целом это редкое явление, за исключением определенных видов, где это может быть общим правилом.

686. Типы ядерного деления.—Количество ядер в вегетативных клетках обычно отличается от количества ядер в материнских клетках споры. В материнских клетках споры существует два типа ядерного деления. (1) Первое деление в материнской клетке называется *гетеротипическим*. Ранние стадии этого разделения обычно растягиваются на более длительный период, чем вторые, и цифры более сложные. Прежде чем хромосомы достигают ядерной пластинки, они часто имеют форму колец, или тетрад, или в форме X, V или Y, и их количество обычно вдвое меньше, чем в предыдущих клетках спорофита. (2) *Гомотипическое* деление следует сразу за гетеротипическим, и фигуры более простые, часто хромосомы имеют форму крючка или иногда намного толще, чем при гетеротипическом делении. В вегетативных клетках (иногда называемых соматическими клетками или клетками организма в отличие от репродуктивных клеток) существует другой тип, который некоторые называют *вегетативным типом*. Хромосомы здесь часто имеют форму буквы U,

а рисунки намного проще, чем при гетеротипическом делении. В соматических клетках спорофита, как указывалось выше, количество хромосом вдвое больше, чем в гетеротипическом и гомотипическом делениях материнских клеток и в соматических клетках гаметофита, [рис. 411](#) представляет позднюю стадию деления соматических клеток у спорофита *rodophyllum*. Верхушки корней различных растений, таких как лук, лилия и др., являются прекрасными местами для изучения ядерного деления в соматических клетках спорофита.

687. Сравнение с животными.— У животных, по-видимому, нет ничего, что соответствовало бы гаметофиту растений, если только сами сперматозоиды и яйцеклетки не представляют его. Гетеротипное и гомотипическое деление с сопутствующим уменьшением числа хромосом происходит у животных обычно в материнских клетках сперматозоидов и яйцеклеток. Во время оплодотворения количество хромосом удваивается, так что все соматические клетки (за исключением редких случаев) от оплодотворенной яйцеклетки до материнских клеток сперматозоидов и яйцеклеток имеют удвоенное количество хромосом. Следовательно, редукция происходит у животных непосредственно перед образованием гамет, в то время как у растений это происходит непосредственно перед образованием гаметофитов.

688. Возможно, нет принципиальной разницы между гаметофитом и спорофитом. Это развитие спорофита, или растения папоротника со стеблевыми листьями (параграф 685), из ткани гаметофита некоторыми принимается за указание на то, что между гаметофитом и спорофитом растений нет такой большой разницы, как утверждают другие. В соответствии с этой точкой зрения было высказано предположение, что моховое растение с листовым стеблем, а также листовая стебель печеночника гомологичны спорофиту или листовому стеблю папоротника; что оно возникает путем почкования из протонемы; и что половые органы затем развиваются на спорофите.

ЧАСТЬ III.

ПРЕДСТАВИТЕЛИ РАСТЕНИЙ ПО ОТНОШЕНИЮ К ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ.

ГЛАВА XXXVIII. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАВОДА.

I. Организация членов завода.^[37]

689. В настоящее время общепризнано, что самые ранние растения, появившиеся в мире, были очень простыми по форме и строению. Возможно, самые ранние были всего лишь кусочками обнаженной протоплазмы, по существу не отличавшимися от ранней животной жизни. Простейшие из них, которые четко распознаются как растения, встречаются среди низших водорослей и грибов. Это единичные клетки очень маленького размера, округлой, овальной или продолговатой формы, существующие в течение периода своего роста в воде или в очень влажном субстрате или атмосфере. Примеры встречаются у красного снежного растения (*Sphærella nivalis*), плеврококка, бактерий; и среди небольших колоний этих простых организмов (*Pandorina*) или нитевидных форм (*Spirogyra*, *Dogonium* и др.). Очевидно, что некоторые жизненные связи таких очень простых организмов очень легко получить — то есть приспособление к окружающей среде не составляет труда. Все живое вещество очень тесно окружено пищевым материалом в растворе. Эти пищевые растворы легко усваиваются. Из-за крошечного размера протопластов и тела растения им не приходится решать проблемы транспортировки пищи в отдаленные части тела. Когда мы переходим к более громоздким организмам, состоящим из большого количества протопластов, тесно спрессованных вместе, становится очевидной проблема связи с окружающей средой и переноса пищи; обычно, чем крупнее организм, тем серьезнее эти проблемы. Вскоре достигается точка, при которой происходит выигрыш за счет дифференциации в работе различных протопластов, некоторых в отношении поглощения, некоторых в отношении проводимости, некоторых в отношении светоотдачи, некоторых в отношении размножения и так далее. Кроме того, можно разделить форму тела растения на части, чтобы большая поверхность подвергалась воздействию окружающей среды при экономии количества требуемого строительного материала. При такой дифференциации тела растения на части необходимо решить две общие проблемы, и растение, чтобы добиться успеха в своей борьбе за существование, должно контролировать свое развитие таким образом, чтобы сохранять баланс между ними. (1) Готовая демонстрация большой поверхности окружающей среде с целью приобретения продуктов питания и утилизации отходов. (2) Защита растения от травм, связанных с суровыми условиями окружающей среды.

При огромном разнообразии условий, встречающихся в разных частях одной и той же местности или региона и в разных частях земного шара, очевидно, что растение столкнулось с очень сложными проблемами, и при их решении оно развилось в большое разнообразие форм. Также вероятно, что разные предприятия во многих случаях справлялись бы с этими трудностями по-разному, иногда с одинаковым успехом, в других случаях с разным успехом. Точно так же разные люди, получив задание выполнить какую-то одну часть работы, скорее всего, будут использовать разные методы и достигать результатов, которые различаются по своей ценности. Хотя мы не можем приписать растениям сознание или выбор в том смысле, в каком мы понимаем эти качества у высших животных, все же в их “конституции” или

“характере” есть нечто, благодаря чему они по-разному реагируют на одни и те же воздействия окружающей среды. Это, возможно, незаметно для нас у разных особей одного и того же вида, но у разных видов это более заметно. Из-за нашего незнания этой оккультной силы растения мы часто говорим о нем как о “врожденном” качестве.

Возможно, наиболее яркие примеры, которые можно было бы использовать для иллюстрации различий в организации растений в двух регионах, где окружающая среда сильно отличается, можно найти в адаптации кактуса или юкки к пустынным регионам, а дуба или бахчевых культур - к сухопутным условиям нашего климата. Кактус с функцией стебля и листьев, объединенных в массивном стволе, или юкка с объемными листьями, подвергают сухому воздуху небольшую поверхность по сравнению с массой вещества. У них есть ткань для хранения воды, и они медленно выделяют ее через толстый эпидермис, поскольку из сухой почвы можно получить лишь небольшое количество воды.

Тыквенные культуры и дуб в своей листве оставляют очень большую поверхность, пропорциональную массе их вещества, в атмосфере, не такой сильно сухой, как в пустыне, в то время как корни способны получать обильный запас воды из влажной почвы. Кактус и юкка дифференцировали свои части совсем не так, как дуб или тыквенные культуры, чтобы приспособиться к особым условиям окружающей среды.

Когда мы говорим, что определенные растения обладают способностью приспосабливаться к определенным условиям окружающей среды, мы не имеем в виду, что если тыквенные культуры перенести в пустыню, они примут форму кактуса или юкки. Они не могли сделать ни того, ни другого. Они погибли бы, поскольку перемены были бы слишком велики для их организации. Мы также не имеем в виду, что если бы кактус или юкка были перенесены из пустыни в наш климат, они превратились бы в формы с тонкими листочками. Они не могли. Дело в том, что они могут жить в нашем климате, когда мы проявляем к ним некоторую заботу, но они не проявляют никаких признаков приобретения свойств, подобных тем, которые присущи нашей растительности. На самом деле мы имеем в виду, что там, где изменения не слишком велики и не слишком внезапны, некоторые растения слегка модифицируются. Это указывало бы на то, что процесс организации и изменения формы протекает очень медленно и, следовательно, является вопросом времени — возможно, эпох, — в течение которых изменение окружающей среды и адаптация формы и структуры происходили медленно, рука об руку.

690. Члены тела растения.—Различные части, на которые дифференцировалось тело растения, с одной точки зрения называются членами. Очевидно, что простейшие формы жизни, о которых говорилось выше, не имеют членов. Только когда дифференциация достигает стадии, на которой определенные, более или менее выступающие части выполняют определенные функции для растения, члены распознаются. У водорослей и грибов нет дифференциации на стебель и лист, хотя у некоторых высших форм есть приближение к этому. Там, где это простое растительное тело сплющено, как у морского окуня, или ульвы, это *ветвь*. Латинское слово, обозначающее ветвь, - *сроевище*, и это название применяется к растительному телу всех низших растений, водорослей и грибов. Водоросли и грибы иногда называют *таллофитами*, или *сроевищными растениями*. Слово “сроевище” также иногда применяется к уплощенному телу печеночников. У листовидных печеночников и мхов имеется ось с листовидными разрастаниями. Одни считают, что они представляют настоящие стебли и листья; другие - что они представляют собой уплощенный сроевище, края которого глубоко и равномерно разделены или разрастание которого происходило только через равные промежутки времени.

У высших растений обычно наблюдается большая дифференциация растительного тела, хотя у многих форм, например у ряски, оно имеет форму листа. Несмотря на большое

разнообразие форм и функций членов растительного организма, все они сводятся к нескольким основным элементам. Некоторые сводят эти формы к трем: *корню*, *стеблю* и *листу*; в то время как другие - к двум: *корню* и *побегу*, что, возможно, является наилучшим первичным подразделением, а затем побег делится на стебель и лист, причем лист является боковым отростком стебля и может быть обозначен следующей диаграммой:



ВИДЫ ПОБЕГОВ.

691. Поскольку желательно рассматривать побег в его отношении к окружающей среде, для удобства обсуждения мы можем сгруппировать побеги в четыре основных вида: (1) *Лиственные побеги*; (2) *Побеги без лиственных листьев*; (3) *Цветочные побеги*; (4) *Зимние условия содержания побегов и почек*. Тема (4) будет рассмотрена в [главе XXXIX, разделе IV](#).

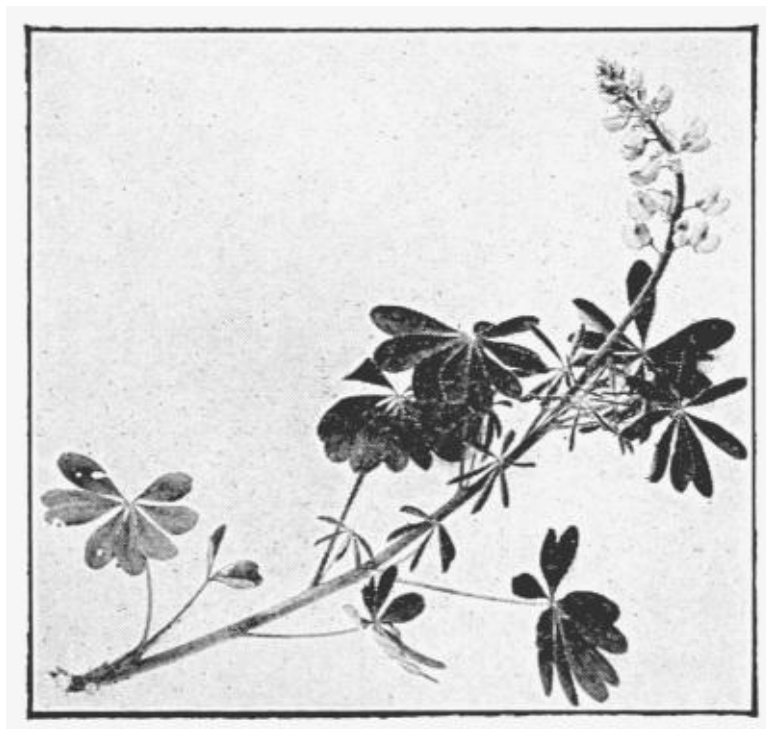


Рис. 413.

Lupinus perennis. Побеги листьев и цветочные побеги.

692. (1-е) Побеги листьев.—Лиственные побеги являются либо воздушными, когда они имеют отношение как к свету, так и к воздуху; либо они являются водными, когда их отношение имеет отношение как к свету, так и к воде. У них зеленые листья, и независимо от того, в воздухе они или в воде, мы видим, что свет является одним из необходимых условий для всех. Естественно, существует несколько способов, с помощью которых побег может выставлять свои листья на свет, воздух или воду. Из-за большого разнообразия условий на поверхности земли и множества видов растений существует наибольшее разнообразие методов удовлетворения этих условий. Необходимо рассмотреть проблему поддержки побега в воздухе или в воде. Методы решения этой проблемы в каждом

конкретном случае принципиально различаются из-за разницы в плотности воздуха и воды, причем последняя способна в значительной степени поддерживать растение, особенно когда побег обеспечен воздухом в его межклеточных пространствах или воздушных полостях. При решении проблемы отношения побега к воздушной среде стебель и лист в большинстве случаев взаимодействовали;^[38] но ввиду большого разнообразия стеблей и их модификаций, а также листьев, будет удобно обсудить их в отдельных главах.

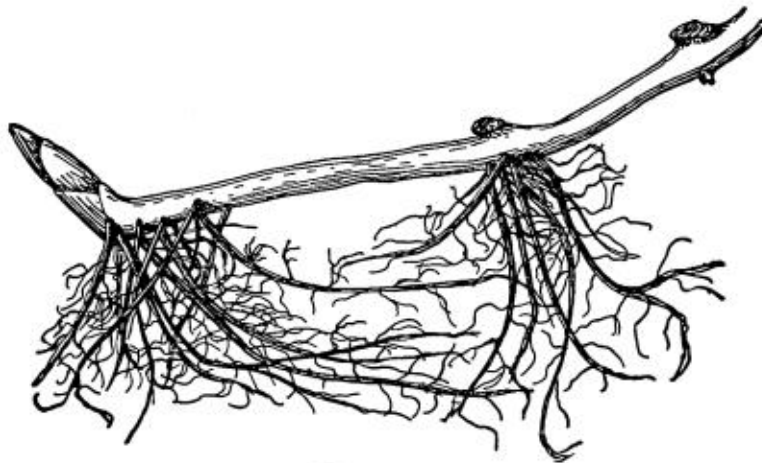


Рис. 413а.

Роющий тип, мандрагора, "корневище".

693. (2d) Побеги без листьев.—Они бывают подземными или воздушными. Почти все подземные побеги имеют также надземные побеги, последние предназначены для демонстрации листовенных листьев (листопадные побеги), а также для демонстрации цветов (цветочные побеги). У подземных видов листья чешуйчатые, то есть листья, не имеющие отношения к освещенности, уменьшаются в размерах, они маленькие, и в них не хватает хлорофилла. Примеры можно найти в "Печати Соломона", "мандрагоре" ([рис. 413а](#)) и др. Здесь чешуйчатые листья находятся на зародыше на конце подземного стебля, из которого вырастает листовенный побег. К воздушным побегам, лишенным листовенных листьев, относятся повилка, индийский трубочник, буковая капуста и др. Эти растения являются сапрофитами или паразитами (см. [Главу IX](#)). Получая углеводную пищу из других живых растений или из перегноя, они не нуждаются в зеленых листьях. Таким образом, листья, вероятно, уменьшились в размерах до простых чешуек, и вместе с этим произошла потеря хлорофилла. Другими интересными примерами воздушных побегов без листовенных листьев являются кактусы, у которых стебель принял на себя функцию листа, а листья превратились в простые колючки. Различные модификации, которым подверглись побеги, сопровождающие изменение соотношения их листьев, будут рассмотрены в разделе "Стебли" в [главе XXXIX](#).

694. (3d) Цветочные побеги.— Цветочный побег - это часть растения, на которой находится цветок. Как интерпретируется здесь, он может состоять всего из одного цветка со стеблем, как у триллиума, мандрагоры и т.д., Или из скоплений цветов на особых частях стебля, называемых цветочными гроздьями, таких как *сережка*, *кисть*, *шип*, *зонтик*, *головка* и т.д. В цветочном побеге, интерпретируемом таким образом, следует отметить несколько особенностей, которые отличают его от листовенного побега и адаптируют к его жизненным отношениям.

Цветочный побег во многих отношениях сравним с листовенным, о чем свидетельствуют следующие особенности:

(1) У него обычно есть, помимо цветов, маленькие зеленые листья, которые на самом деле являются листвой, хотя они очень сильно уменьшены в размерах, потому что функция побега как листовенного побега подчинена функции цветочного побега. Эти маленькие листочки на цветочном побеге называются *прицветниками*.

(2) Он может быть (a) неразветвленным, когда он будет состоять из одного цветка, или (b) разветвленным, когда в соцветии будет от нескольких до многих цветков.

(3) Цветочная почка имеет то же происхождение на побеге, что и листовая; она либо конечная, либо пазушная, либо и то, и другое.

(4) Члены цветка принадлежат к серии листьев, то есть они являются листьями, но обычно отличаются по цвету от листьев листвы из-за разного жизненного отношения, которое они должны выполнять. Свидетельством этого является переход чашелистиков, лепестков, тычинок или пестиков в листовенные листья у многих цветов, например у прудовой лилии, аномальные формы триллиума и множество уродств у других цветов (см. [Главу XXXIV](#)).

(5) Расположение элементов цветка вокруг его оси, хотя обычно они более плотные, во многих случаях соответствует тому же плану, что и листья на стебле.

Различные виды цветочных побегов или цветочных гроздей будут рассмотрены в [главе XLII](#), посвященной цветочным побегам.

II. Организация тканей растений.

695. Ткань - это группа клеток одного вида, имеющих сходное положение и функцию. У крупных и громоздких растений необходимы различные виды тканей не только потому, что работа растения может быть более экономично выполнена за счет разделения труда, но и потому, что клетки внутри массы или на расстоянии от источника пищи не могли бы снабжаться пищей и воздухом, если бы не было специализированных каналов для проведения пищи и специализированных тканей для поддержания тела крупного растения. Этими двумя способами большинство высших растений отличаются от простых. Ткани для проведения иногда называют в совокупности *местом*, в то время как ткани для механической поддержки называются *стереомой*. Разделение труда пошло еще дальше, так что появились специальные ткани для поглощения, ассимиляции, восприятия, воспроизведения и тому подобного. Ткани растений обычно группируются в три системы: (1) Основная система, (2) Фиброваскулярная система, (3) Эпидермальная система. Ниже приведены некоторые из основных тканей:

1. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА.

696. Паренхима.— Ткань, состоящая из тонкостенных клеток, которые в нормальном состоянии являются живыми. Паренхима образует рыхлую и губчатую ткань в листьях, а также частоколообразную ткань (см. [Главу IV](#)); мягкие ткани в коре корня и стебля ([рис. 414](#)); а также сердцевинные, сердцевинные или медуллярные лучи стебля; и смешивается с другими элементами сосудистого пучка, где ее называют древесной паренхимой и лубяной паренхимой; и она также включает недифференцированную ткань (меристему). в растущих кончиках корней и побегов; также “внутрифасцикулярный” камбий (т. е. между пучками, некоторые также включают камбий внутри пучка).

697. Колленхима.— Это укрепляющая ткань, часто встречающаяся в коре определенных побегов. Он также состоит из живых клеток. Ячейки утолщены по углам, как у помидоров и многих других трав ([рис. 414](#)).

698. Склеренхима, или каменная ткань.— Это также укрепляющая ткань, состоящая из клеток, которые не сужаются на концах, а стенки равномерно утолщены, иногда настолько толстые, что внутренняя часть (просвет) клетки почти исчезла. Обычно такие клетки не содержат живого содержимого в зрелом возрасте. Склеренхима очень распространена в твердых частях орехов и под эпидермисом стеблей и листьев многих растений, например, в подземных стеблях папоротника-папоротника, листьях сосен ([рис. 415](#)) и т.д.

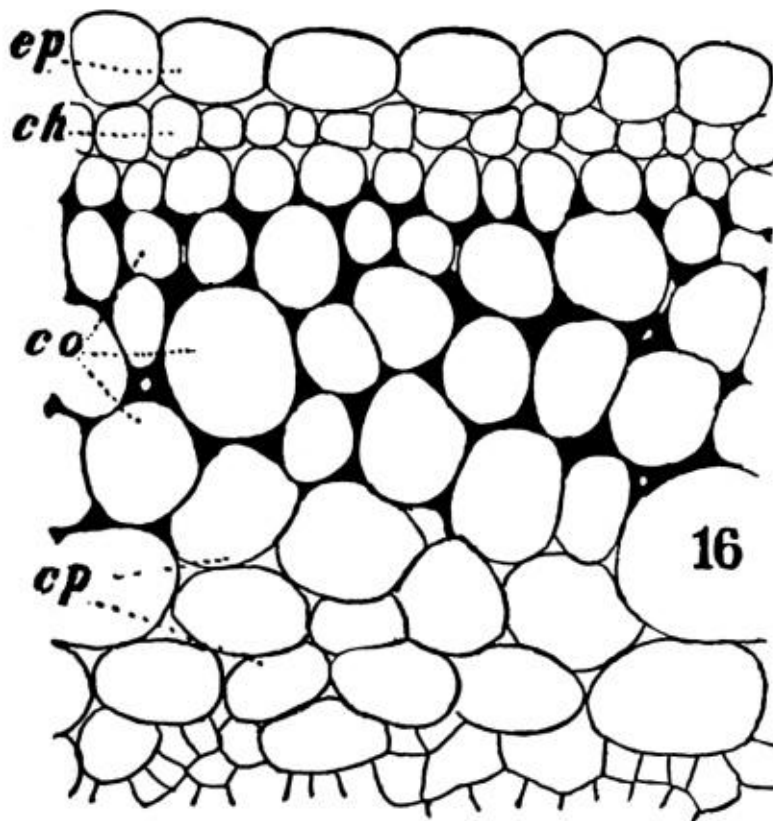


Рис. 414.

Поперечный разрез части плодоножки помидора. *ep*, эпидермис; *ch* хлорофиллоносные клетки; *so*, колленхима; *sp*, паренхима.

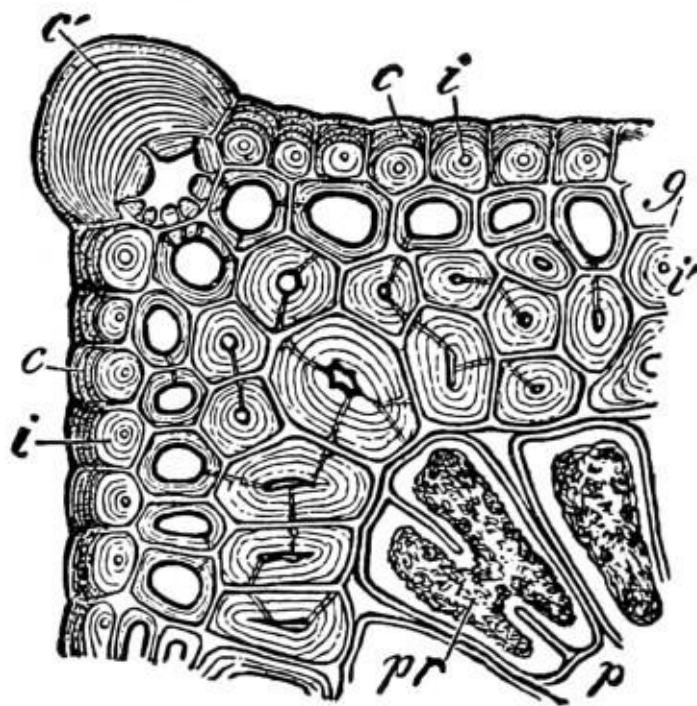


Рис. 415.

Край листа *Pinus pinaster*, поперечный разрез, *c*, кутикуляризованный слой внешней стенки эпидермиса; *i*, внутренний некутикуляризованный слой; *c*, утолщенная внешняя стенка краевой клетки; *g*, *i*, гиподерма с удлинённой склеренхимой; *p*, хлорофиллсодержащая паренхима; *pr*, сокращенное протоплазматическое содержимое. $\times 800$. (После Сакс.)

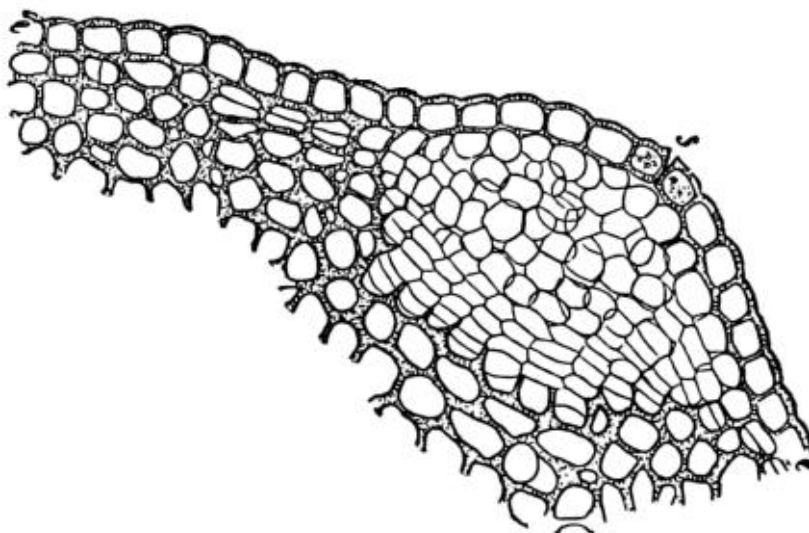


Рис. 416.

Разрез через чечевичку белой березы, показывающий устьицу вверху, феллоген внизу, образующий ряды уплощенных клеток, пробку. (Вслед за Де Бари.)

699. Пробка.— Во многих случаях под эпидермисом образуется “пробковая” ткань. Пробковая ткань развивается путем многократного деления клеток паренхимы таким образом, что образуются ряды параллельных клеток, обращенных наружу. Они расположены отдельными слоями, вскоре теряют свою протоплазму и отмирают;

межклеточных пространств нет, и клетки обычно имеют правильную форму и плотно прилегают друг к другу. У некоторых растений стенки клеток тонкие (пробковый дуб), в то время как у других они утолщены (бук). Ткань, из которой образуется пробка, называется “пробковый камбий”, или феллоген, и может встречаться в других частях растения. Например, при повреждении растений живые открытые клетки паренхимы часто превращаются в пробковый камбий и образуют защитный слой пробки. Стенки пробковых ячеек содержат вещество, называемое *суберином*, которое делает их почти водонепроницаемыми.

700. Чечевички.—Они довольно обильно развиваются под устьицами на ветках березы, вишни, бука, бузины и т.д. Феллоген под стомой образует пробковую подушку, которая выдавливается наружу в виде возвышения, на вершине которого находится стома ([рис. 416](#)). Чечевички легко видны.

2. ФИБРОВАСКУЛЯРНАЯ СИСТЕМА.

701. Волокнистая ткань.^[39]— Состоит из толстостенных клеток, обычно без живого содержимого, которые удлинены и сужаются на концах, так что клетки, или волокна, перекрываются. Распространен как один из элементов сосудистых пучков, как древесные волокна и лубяные волокна.

702. Сосудистая ткань или ткань трахеи.— Он состоит из сосудов или протоков и трахеид, которые так характерны для сосудистого пучка (см. [Главу V](#)) и образуют проводящую ткань для тока воды. Сосудистая ткань содержит спиральные, кольцевые, ямчатые и скаляриевидные сосуды и трахеиды в соответствии с маркировкой на стенках ([рис. 58, 59](#)). При созревании все они лишены протоплазматического содержимого. Существуют также тонкостенные живые клетки, которые называются древесной паренхимой. У хвойных пород (сосны и т.д.) Ткань трахеи лишена настоящих сосудов, за исключением нескольких спиральных сосудов на молодой стадии, в то время как для нее характерны трахеиды со своеобразными отметинами. Эти отметины на трахеидах образованы “окаймленными” ямками, представляющими собой два концентрических кольца, одно внутри другого. Их легко увидеть на продольном разрезе древесины хвойных пород.

703. Сетчатая ткань.—Она состоит из удлинённых трубчатых ячеек, соединённых на концах, поперечные стенки которых перфорированы на концах. Они находятся во флоэме пучка и служат для отвода вниз растворённых веществ, вырабатываемых в листьях.

704. Пучковый камбий.— Это живая, продуцирующая клетки ткань в сосудистом пучке, которая в открытом пучке дополняет флоэму с одной стороны и ксилему с другой.

3. ЭПИДЕРМАЛЬНАЯ СИСТЕМА.

705. К эпидермальной системе относятся эпидермис и различные выросты его клеток в виде волосков, или *трихом*, а также защитные клетки устьиц и, вероятно, некоторых репродуктивных органов.

706. Эпидермис.—Собственно эпидермис состоит из единственного слоя внешних клеток, происходящих из внешнего слоя клеток паренхимы на растущей верхушке стебля или корня. Эти клетки претерпевают различные модификации формы. Во многих случаях они теряют свое протоплазматическое содержимое. Во многих случаях внешняя стенка становится утолщенной, особенно у растений, растущих в засушливых условиях или подвергающихся воздействию условий сушки. Клетки эпидермиса обычно становятся значительно уплощенными и обычно покрыты более или менее хорошо развитой водонепроницаемой кутикулой, сплошным слоем поверх эпидермиса. У многих растений

кутикула покрыта воскообразным налетом в виде тонкого слоя, или округлых зерен, или тонких стержней, или зерен и иголок в несколько слоев. Об этих восковых покровах иногда говорят как о “налете” на листьях и плодах.

707. Трихомы.—Трихома - это общий термин, включающий различные волосоподобные выросты из эпидермиса, а также чешуйки, колючки и т.д. К ним относятся корневые волоски, ризоиды, простые или разветвленные волоски, железистые волоски, железистые чешуйки и т.д. Железистые волоски встречаются на многих растениях, таких как томат, вербена, примула и др.; железистые чешуйки на хмеле; простоклеточные волоски на примуле вечерней, капусте и др.; многоклеточные волоски на примуле тыквенной; разветвленные волоски на пастушьей сумке, коровяке и др., звездчатые волоски на листьях некоторых дубов.

Информацию об устьицах см. в [Главе IV](#).

4. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ТКАНЕЙ.

708. Меристемная ткань.Различные ткани, состоящие из клеток различной формы, происходят из молодой растущей ткани, известной как *меристема*. Ткань меристемы состоит из клеток, почти одинаковых по форме, с тонкими клеточными стенками и богатых протоплазмой. Она расположена в зонах роста растений. У высших растений этих областей, как правило, три: стебель и верхушка корня, а также цилиндр камбия под корой. Ткани, образующиеся из стебля и верхушки корня, называются *первичными*, ткани, образующиеся из камбия, - *вторичными*. В большинстве случаев основную массу растения составляют вторичные ткани, в то время как у кукурузы все они первичны.

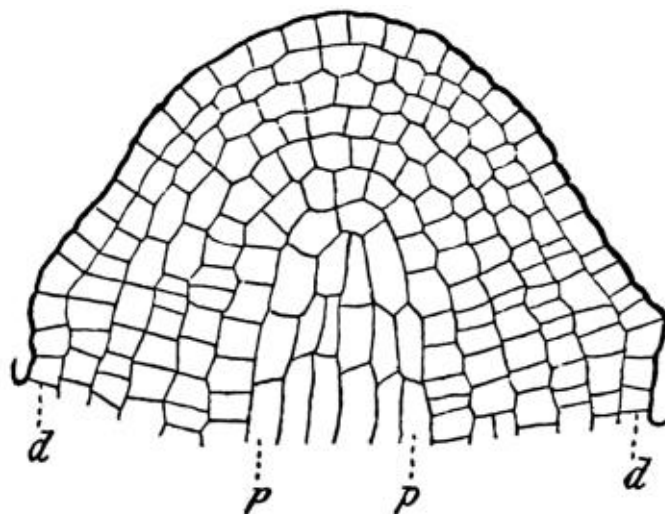


Рис. 417.

Срез через точку роста стебля, *d*, дерматоген; *p*, плерома; периблема между ними. (Вслед за Де Бари.)

709. Происхождение ствольных тканей.—Сразу за апикальной меристемой в продольном разрезе точки роста видно, что клетки претерпевают изменение формы, и здесь организованы три формирующие области. Внешний слой клеток называется *дерматогеном* (продуцентом кожи), потому что позже он становится эпидермисом. Центральная группа удлиняющихся ячеек - это *плерома* (для заполнения). Позже из этого образуется *центральный цилиндр*, или *стела*, как его еще называют ([рис. 417](#)). Плерома окружена и заполняет пространство между ней и дерматогеном третьей формирующей тканью, называемой *периблемой*, которая позже формирует кору (кора или кожура) и состоит из паренхимы, колленхимы, склеренхимы или пробки и т.д., В зависимости от обстоятельств.

Следует понимать, что все эти различные формы и виды клеток были получены из меристемы путем постепенных изменений. Таким образом, в зрелых стеблях есть три отдельные области: центральный цилиндр или стела, кора и эпидермис.

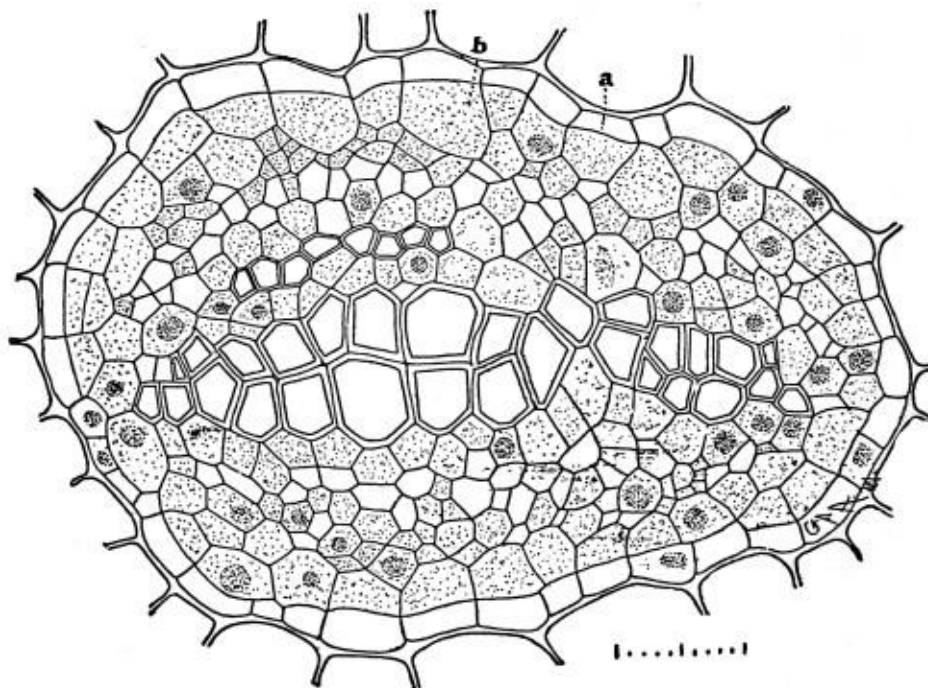


Рис. 418.

Концентрический пучок от стебля *Polypodium vulgare*. Ксилема в центре, окружена флоэмой, а та - энтодермой. (Из книги автора "Биология папоротников".)

710. Центральный цилиндр или стела. Поскольку центральный цилиндр образуется из плеромы, он дифференцируется на сосудистые пучки, сердцевину, сердцевинные лучи (медуллярные лучи), которые расходятся от сердцевины в центре между пучками к коре головного мозга, и перицикл, слой клеток, лежащий между центральным цилиндром и корой головного мозга. Затем пучки далее организуются в части ксилемы и флоэмы с их различными элементами и пучковидным камбием (меристемой), разделяющим ксилему и флоэму, как описано в [главе V](#). Такой пучок, в котором части ксилемы и флоэмы разделены камбием, называется открытым пучком (как показано на [рис. 58](#)). Там, где флоэма и ксилема лежат бок о бок в одном радиусе, пучок является *коллатеральным*. Двудольные и хвойные растения характеризуются открытыми побочными пучками. Вот почему деревья и многие другие многолетние растения продолжают увеличиваться в диаметре с каждым годом. Камбий в открытом пучке каждую весну и лето образует новую ткань, таким образом дополняя флоэму снаружи и ксилему внутри. Весной и в начале лета в ксилеме преобладают крупные сосуды, в то время как в конце лета преобладают древесные волокна и мелкие сосуды, и эта часть древесины становится более твердой. Поскольку сосудистые пучки в стволе образуют круг в цилиндре, эта разница в размере весенней и поздней летней древесины приводит к образованию "годовых" колец, столь заметных в поперечном сечении ствола дерева. Ветви берут начало на поверхности, включающей эпидермис, кору головного мозга и пучки.

У однодольных растений (кукурузы, пальмы и т.д.) пучки расположены нерегулярно, образуя полый цилиндр, а неравномерно по стелле. Между ксилемой и флоэмой пучка не остается меристемы, или камбия, и пучок, таким образом, *закрит* (как на [рис. 60](#)), поскольку весь он переходит в постоянную ткань. Таким образом, у большинства однодольных растений ежегодный прирост диаметра стебля практически отсутствует.

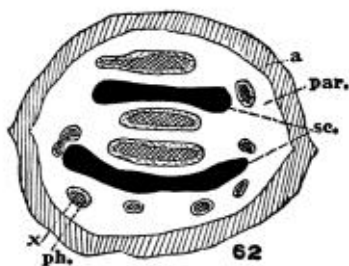


Рис. 419.

Срез стебля (корневища) *Pteris aquilina*. *sc*, толстостенная склеренхима; *a*, тонкостенная склеренхима; *часть*, паренхима.

711. Папоротники.—У папоротников и большинства птеридофитов отсутствует апикальная меристемная ткань, ее место занимает единственная апикальная клетка, с нескольких сторон которой клетки последовательно отсекаются, хотя у *Isoetes* и многих видов *Lycopodium* есть группа апикальных меристем. У большинства птеридофитов пучки также *концентрические*, а не коллатеральные. На [рис. 418](#) представлен один из пучков от стебля многоножечного папоротника. Ксилема находится в центре, она окружена флоэмой, флоэма - оболочкой флоэмы, а та, в свою очередь, энтодермой, обеспечивая концентрическое расположение составляющих тканей. Поперечный разрез ножки ([рис. 419](#)) показывает две большие области склеренхимы, которые обеспечивают основную механическую поддержку, при этом пучки сравнительно слабые.

712. Происхождение тканей корня. Аналогичная апикальная меристема существует в корнях, но, кроме того, перед меристемой имеется четвертая область формирующей ткани, называемая *калиптрогеном* ([рис. 420](#)). Это приводит к образованию "корневой шапочки", которая служит для защиты меристемы. Сосудистый цилиндр в корнях сильно отличается от сосудистого цилиндра в стебле. Имеется твердый центральный цилиндр, в котором группы ксилемы расходятся от центра, а группы флоэмы чередуются с ними, но не проходят так близко к центру ([рис. 421](#)). По мере старения корня происходят изменения, которые более или менее скрывают это расположение. Ответвления корней отходят от центрального цилиндра. В корнях папоротника апикальная меристема заменена единственной четырехгранной (четырёхгранной) апикальной клеткой, корневая шляпка отсекается путем последовательных делений внешней поверхности, в то время как первичные ткани корня происходят от трех боковых граней.

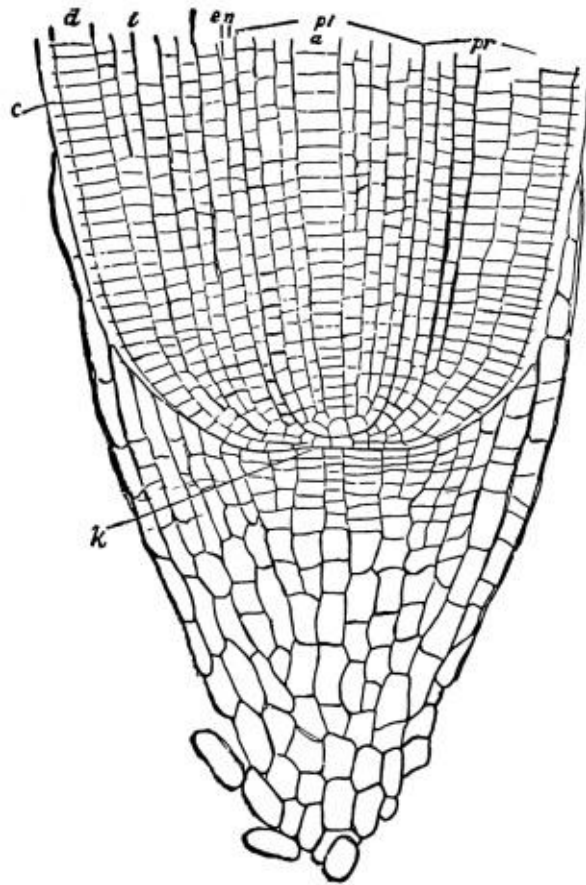


Рис. 420.

Средний продольный разрез верхушки корня ячменя, *Hordeum vulgare*. *k*, калиптроген; *d*, дерматоген; *c*, его утолщенная стенка; *pr*, периблема; *pl*, плерома; *en*, энтодерма; *i*, межклеточное воздушное пространство в процессе формирования; *a*, клеточный ряд, предназначенный для формирования сосуда; *r*, отслаивающиеся клетки шляпка корня. (После Страсбургера.)

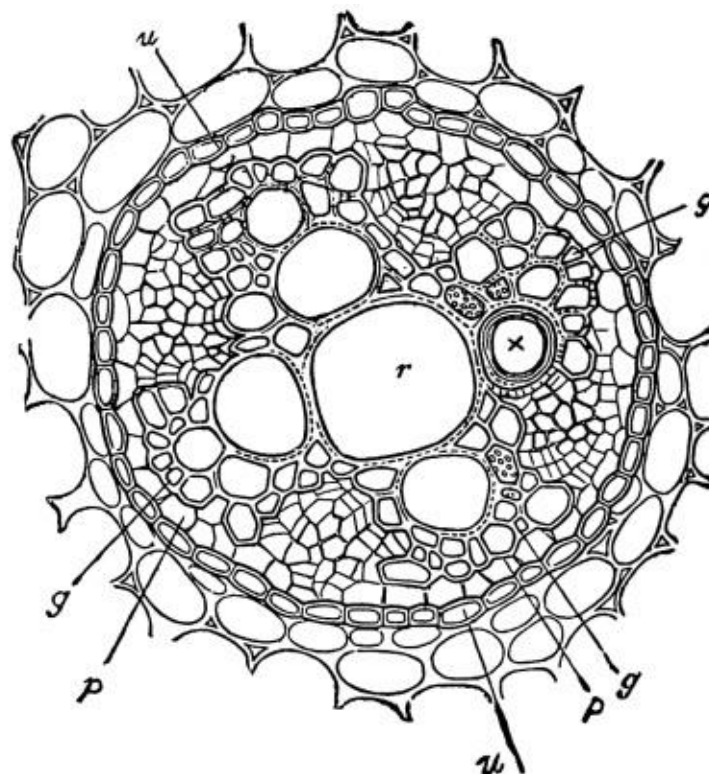


Рис. 421.

Поперечный разрез сосудисто-волокнистого пучка в придаточном корне *Ranunculus repens*. *w* - перicycle; *g*- четыре радиальные пластинки ксилемы; чередующиеся с ними группы флоэмы. Это радиальный пучок. (По Де Бари.)

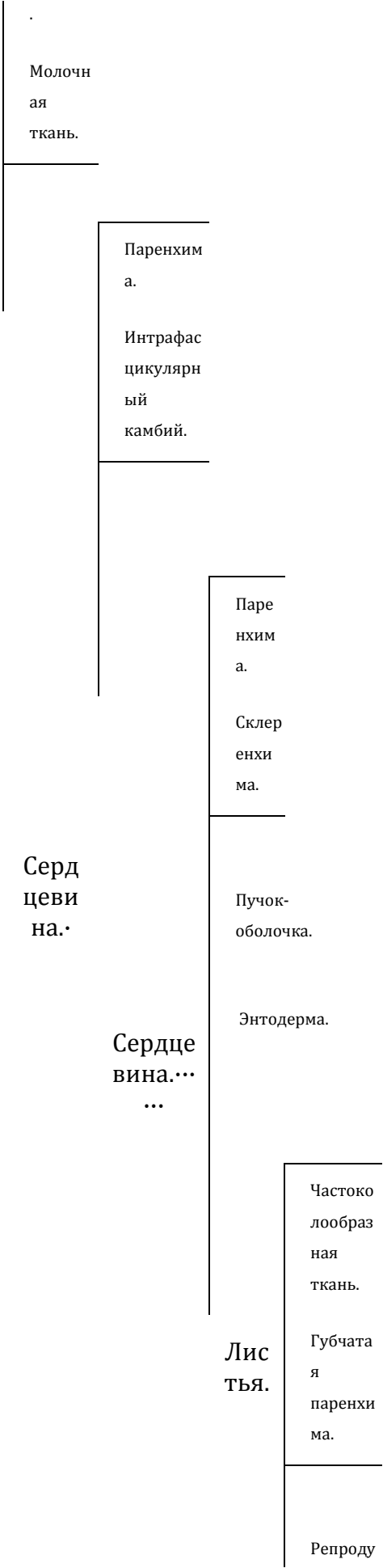
Функция корневой шляпки.—Корневая шляпка выполняет важную функцию защиты нежной меристемы или камбия на кончике корня. Эти ячейки, конечно, очень тонкостенные, и хотя нет такой большой опасности, что они могут пострадать от сухости, поскольку почва обычно достаточно влажная, чтобы предотвратить испарение, они могут пострадать от трения с грубыми частицами почвы. На конце стебля нет подобной шляпки, но меристема здесь защищена перекрывающимися чешуйками-почками. Одну из наиболее ярких иллюстраций корневой шляпки можно увидеть на примере пандануса, или сосны обыкновенной, часто выращиваемой в оранжереях (см. [рис. 447](#)). На опорных корнях, которые еще не достигли земли, хорошо видны корневые шляпки, так как они настолько большие, что умещаются на конце корня, как наперсток на пальце.

713.

Описательная классификация тканей.

Эпидермальная система а.	Эпидермис.	
		Простые волоски.
	Трихомы.	Многоклеточные волоски.
		Волоски разветвленные, часто звездчатые.

	Собранные в пучок волоски.		
	Железистые волоски.		
	Корневые волоски.		
	Колючки.		
Фибро- вазкуля- рная система.	Охраняют клетки устьиц.		
	Ксилема (древесина).	Спиральные сосуды.	
		Сосуды с косточками.	
		Скаляриевидные сосуды.	
		Кольцевые сосуды.	
		Трахеиды.	
		Древесные волокна.	
		Древесная паренхима.	
	Флоэма (мочалка).	Камбий (пучковый).	
		Просеять трубочки.	
		Волокна луба.	
		Клетки- компаньоны.	
		Паренхима луба.	
	Фундаментальная система.	Стебель и корень.	Кора головного мозга.
			Пробка.
			Колленхима.
			Паренхима.
			Волокна



714. Физиологическая классификация тканей.

Формирующая ткань.

Тонкостенные клетки, составляющие меристему, способные к делению и из которых формируются другие ткани.

Защитная ткань.

Покровная система.— Эпидермис, перидерма, кора, защищающие растение от внешнего контакта.

Механическая система.— Лубяная ткань, лубоподобная ткань, колленхима, склеренхима обеспечивают защиту от вредного изгиба, вытягивания и т.д.

Питательные ткани.

Всасывающая система.— Корневые волоски и клетки, ризоиды, воздушная ткань корня, всасывающие железы листьев, всасывающие органы в семенах, гаустории паразитов и т.д.

Ассимиляторная система.— Ассимилирующие клетки в листьях и стебле.

Проводящая система.— Сетчатая ткань, ткань трахеи, молочная ткань, проводящая паренхима и т.д.

Система хранения продуктов питания.— Резервуар для воды, водная ткань, слизистая ткань, мясистые корни и стебли, эндосперм и семядоли и т.д.

Система аэрации.— Воздушные полости и трубки, специальные воздушные ткани, ищущие воздуха корни, устьяца, чечевички и т.д.

Секреторная и выделительная система.— Водяные железы, пищеварительные железы, смоляные железы, нектарники, сосуды для дубильных веществ, смолы и масла и т.д.

Аппараты и салфетки для особых случаев.

Крепиться.

Подвижные ткани, волоски-парашюты, плавающие ткани, гигроскопичные ткани, живые ткани.

Для восприятия стимулов.

Для проведения стимулов и т.д.

ГЛАВА XXXIX. РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ СТЕБЛЕЙ. ЗИМНИЕ ПОБЕГИ И ПОЧКИ.

I. Прямостоячие стебли.

715. Столбчатый тип.— Столбчатый тип стебля может быть простым или разветвленным. Когда происходит ветвление, ветви обычно маленькие и в целом подчинены главной оси. Примером может служить подсолнечник (*Helianthus annuus*). Часть листьев в основном простая. Основная ось остается неразветвленной в течение большей части периода роста. Основная цветочная головка заканчивается стеблем. Затем в пазухах нескольких верхних листьев появляются короткие ветви с маленькими головками. На сухой, бедной почве или при других неблагоприятных условиях может быть только одна верхушечная головка, когда стебель не разветвляется. Коровяк - это еще один столбчатый стебель. Лиственная часть редко бывает разветвленной, хотя иногда ветви образуются там, где основная ось повреждена или сломана. Цветонос конечный. Растение кукуруза и пасхальная лилия также являются хорошими иллюстрациями столбчатого стебля.

Среди деревьев ломбардский тополь (*Populus fastigiata*) является прекрасным примером столбчатого типа. Хотя она сильно разветвлена, ветви довольно тонкие и маленькие по сравнению с основной осью, если только в результате какой-либо травмы или по другой причине не развились две большие оси. Как следует из технического названия, ветвление быстрое, то есть ветви расположены близко друг к другу и плотно окружают центральную ось. Королевская пальма и некоторые древовидные папоротники имеют столбчатые, простые стебли, но большие, широко раскидистые листья на верхушке стебля придают растению совсем не цилиндрический вид. Некоторые кедры и древовидные деревья также являются столбчатыми.

Преимущества столбчатого строения стебля три: (1) то, что растение стоит выше других соседних с равной площадью листвы и, таким образом, имеет возможность получать более благоприятное соотношение освещенности; (2) там, где большое количество растений одного и того же вида растет близко друг к другу, они могут сохранять практически тот же вид, что и при выращивании поодиночке; (3) преимущество, получаемое другими видами по соседству при меньшем затенении, чем если бы вид был раскидистым. Таким образом, цилиндрический тип может расти между другими типами с меньшей конкуренцией за существование.



Рис. 422.

Цилиндрическая ножка коровьяка.



Рис. 423.

Конический тип лиственницы.

716. Тип конуса.— Это хорошо видно на примере лиственниц, елей, дерева гинкго, некоторых сосен, кедров и других голосеменных растений. В конусообразном типе главная ось проходит через систему ветвей подобно высокому стволу, т.е. ствол *изогнутый*. Нижние ветви широко раскидистые, и ветви становятся последовательно короче, обычно равномерно, по мере подъема по стеблю. Ветвление бывает двух типов: (1) ветви состоят из ложных мутовок; (2) ветви распределены вдоль стебля. К первому типу относятся сосны, ель обыкновенная, ель дугласа и др. *Белая сосна* является изысканным примером, и на молодых деревьях и деревьях среднего возраста стиль ветвления проявляется с очень большим преимуществом. Ветви расположены почти горизонтально, с легким сигмовидным изящным изгибом, в то время как к вершине ветви восходящие. Такое направление ветвей обусловлено соотношением освещенности. Несколько завитков наверху поднимаются вверх из-за сильного света сверху. Вскоре они вытягиваются в горизонтальном направлении, поскольку основной источник света смещается в сторону из-за затенения вершины. Восходящее направление, которое сначала принимают верхние ветви, и их последующий поворот вниз, в то время как концы часто все еще имеют небольшое восходящее направление, придают старшим ветвям сигмовидный изгиб.

Молодые весенние побеги сосен демонстрируют некоторые очень интересные тенденции роста. Существует два периода роста: (1) удлинение побега и (2) удлинение листьев. Удлинение побега происходит первым и завершается примерно через шесть недель или два месяца. Направление побега в первый период, по-видимому, полностью зависит от геотропизма. Он растет прямо кверху и представляет собой очень заметный объект, резко контрастирующий с темно-зеленой листвой более или менее горизонтальных побегов. Когда наступает второй период роста и листья удлиняются, побег изгибается вниз и наружу в боковом направлении.

Скорость роста сосен можно очень легко наблюдать, поскольку каждый завиток ветвей (между завитками длинных побегов есть короткие побеги с игольчатыми листьями), будь то на главной оси или на боковых ветвях, отмечает год, новые ветви появляются каждый год в конце побега предыдущего года. Скорость роста иногда достигает двенадцати-двадцати четырех дюймов и более в год.

The *Ели* образуют более совершенный конус, чем сосны. Длинные ветви в основном состоят из мутовок, но часто встречаются и промежуточные, хотя скорость роста за год обычно можно легко определить. У *болиголова-ели* ветвление распределенное. У *лиственницы* похожий способ ветвления, но она лиственная, сбрасывает листья осенью и имеет высокую коническую форму.

Казалось бы, деревья типа конуса обладали определенными преимуществами в некоторых широтах или на возвышенностях перед другими деревьями. (1) Конические деревья, такие как ели, лиственницы и сосны, а также болиголов, прежде чем они сильно состарятся, меньше повреждаются при сильном ветре, чем деревья овального или раскидистого типа. Тонкая верхушка дерева, где сила ветра наибольшая, представляет собой небольшую площадку для ветра, в то время как ствол и короткие тонкие ветви поддаются, не ломаясь. Возможно, это одна из причин, почему деревья этого типа растут в более северных широтах и на больших высотах в горных районах, и почему ель достигает более высоких широт и высот даже, чем сосны. (2) Форма дерева такова, что пропускает свет на большую площадь листвы, даже там, где деревья растут рядом друг с другом. Вечнозеленая листва, сохраняющаяся в течение нескольких лет на широко раскидистых нижних ветвях, вероятно, обеспечивает некоторую защиту деревьев, поскольку такой покров помог бы поддерживать более равномерную температуру в лесном покрове, чем если бы деревья зимой были голыми. (3) Из-за веса снега меньше опасность получения

травм, поскольку большая нагрузка снега ложится на нижние ветви. Форма ветвей также, особенно у елей, позволяет им наклоняться вниз без травм и при необходимости разгружать снег, если нагрузка становится слишком тяжелой.

717. Овальный тип.—Этот тип иллюстрируется дубом, каштаном, яблоней и т.д. Деревья обычно листопадные, то есть сбрасывают листву с приближением зимы. Главная ось иногда сохраняется, но чаще исчезает (ствол *расплывчатый*) из-за крупных ветвей, которые поддерживают восходящее направление и, таким образом, уменьшают важность центральной оси, которая так отмечена в типе конуса. Деревья этого типа, как, собственно, и все лиственные деревья, лучше проявляют свой характер или привычки в зимний сезон, когда они голые. Деревья этого типа не так хорошо приспособлены к условиям больших высот и широт, как шишковидные, по причине, приведенной в обсуждении этого типа. Лиственный покров дубов и т.д. Позволяет им выдерживать сильные ветры гораздо лучше, чем если бы они сохраняли свою листву всю зиму, даже если бы это была игольчатая листва, приспособленная к переносу холода.

718. Расплывчатый тип.—Вяз является хорошей иллюстрацией этого типа. Основные оси и ветви разветвляются ложным разделением, так что ствол развивается только в лесу. Ветви поднимаются под узким углом, а высоко вверху расходятся в виде арки. Основное развитие листвы - высокое и раскидистое.

Деревья обладают рядом преимуществ перед растительностью менее высокой. Они могут начать свой рост позже, но в конце концов они перерастают другие виды, затеняют землю и вытесняют солнцелюбивые виды.

II. Ползучие, лазающие и плавающие стебли.

719. Распростертый тип.—Этот тип иллюстрируется стелющимися или лежащими стеблями, такими как клубника, некоторые розы, хорошим видом которых является одна из японских роз (*Rosa wichuriana*), которая стелется очень близко к земле, некоторые виды малины, бахчевые культуры, такие как кабачки, тыква, дыни и т.д. Они часто покрывают обширные территории, разветвляясь и протягиваясь радиально по земле или перелезая через невысокие объекты. Тыквенные культуры, возможно, следует отнести к альпинистским, поскольку они способны карабкаться туда, где есть предметы для опоры, но они падают ниц, когда выращиваются в поле или там, где нет объектов, достаточно высоких, чтобы на них можно было взобраться. В распростертом типе наблюдается экономия на построении ствола. Растения зависят от почвы в качестве опоры, и нет необходимости строить прочные древесные стволы для демонстрации листвы, что было бы необходимо в случае прямостоячего растения с площадью листвы, равной площади некоторых распростертых стеблей. Этот выигрыш компенсируется, по крайней мере в значительной степени, потерей способности демонстрировать большое количество листвы, что может быть сделано только на верхней стороне стебля.

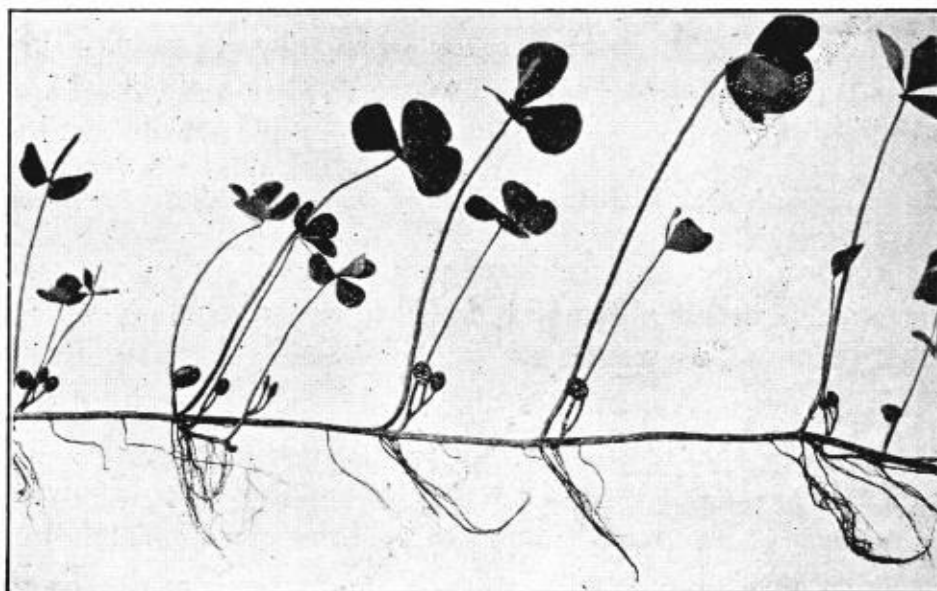


Рис. 424.

Распростертый вид водяного папоротника (*марсилия*).

Другие преимущества, которые получают распростертые стебли, - это защита от ветра, от холода в более суровых климатических условиях, а некоторые размножаются сами, укореняясь то тут, то там, как у некоторых роз, земляничного растения и т.д. У некоторых растений прямостоячие стебли, а затем они выпускают побеги, под которыми укореняются и помогают растению распространяться и умножать свою численность.

720. Лежачий тип.—У этого сорта стебель сначала прямостоячий, но позже изгибается в виде арки и пускает корни там, где кончик касается земли. Некоторые сорта малины и ежевики относятся к этому виду.

721. Тип лазания.—Виноград, клематисы, некоторые розы, плющ, трубчатая лиана, вьющаяся горько-сладкая рябина и т.д. - это вьющиеся стебли. Как и представители распростертого типа, альпинисты экономят на материале для изготовления ствола. Они карабкаются по кустарникам, вверх по стволам деревьев и часто достигают большой высоты и приобретают способность демонстрировать большое количество листвы, распуская ветви на ветвях деревьев, иногда развивая количество листвы, достаточное, чтобы покрыть и почти задуть листву больших деревьев; в то время как основной стебель лозы может быть не более двух дюймов в диаметре, а ствол поддерживающего дерева может достигать трех футов в диаметре.

722. Плавающие стебли.— Они обязательно встречаются у водных растений. Стебли могут быть восходящими или горизонтальными. Стебли обычно не очень большие и не очень прочные, так как вода поднимает их вверх. Растения могут расти на мелководье или в воде глубиной 10-12 футов и более, но листья обычно формируются на поверхности воды или вблизи нее, чтобы они были ближе к свету. Примерами могут служить различные виды *Potamogeton*, *Myriophyllum* и других растений, распространенных по берегам озер, в прудах, полноводных ручьях и т.д. Среди водорослей есть такие примеры, как Чара, Нителла и др., обитающие в пресной воде; саргассум, макроцистис и др., обитающие в океане. Однако у этих растений растительное тело представляет собой слоевище, которое делится на стеблеподобные (*каулидий*) и листовидные (*филлидий*) структуры.

723. Роющий тип, или корневища.— Это горизонтальные подземные стебли. Примерами могут служить папоротник-орляк, чувствительный папоротник, мандрагора (см. [рис. 413а](#)), печать Соломона, триллиум, дентария и им подобные. Подземный образ жизни

обеспечивает им защиту от холода, ветра и травм, наносимых некоторыми животными. Многие из этих стеблей служат резервуарами для хранения пищевых материалов, которые будут использоваться при быстром росте короткоживущего воздушного побега. У упомянутых папоротников подземный побег - единственный, и он имеет чешуйчатые листья, лишенные хлорофилла, и более крупные листовые листья, и единственный член тела растения, который является воздушным. Листовый лист взял на себя функцию воздушного побега. В последнем нет необходимости, поскольку цветки не формируются. Мандрагора, печать Соломона, триллиум и др. Имеют чешуйчатые листья на мясистых подземных стеблях, в то время как на воздушных стеблях образуются листовые листья, на последних также есть цветки. Некоторые из преимуществ корневищ - защита от травм, хранение пищи для быстрого развития воздушного побега и размножение.

Многие травы имеют подземные стебли, которые разветвляются на большие расстояния и образуют плотный дерн. Для демонстрации листовой, а также для производства цветов и семян из этих боковых вертикальных ветвей развиваются воздушные побеги.

III. Специализированные побеги и побеги для хранения продуктов.^[40]

724. Лампочка.—Луковица имеет форму бутона, но чешуйчатые листья крупные, толстые и мясистые и содержат хранящиеся в них пищевые продукты, произведенные в зеленых воздушных листьях и транспортируемые к подземным основаниям листьев. Или когда луковица формируется надземно, она развивается как короткая ветвь надземного стебля, с которого транспортируется резервный пищевой материал. Примеры можно найти у многих лилий, таких как пасхальная лилия, китайские лилии, лук, тюльпан и т.д. Толстые чешуйчатые листья плотно прилегают друг к другу и окружают короткий стебель изнутри (также называемый *покрытым* оболочкой стеблем). У многих лилий имеется достаточное количество пищи, чтобы обеспечить надземный стебель для развития цветка и семян. Однако от луковицы отходят корни, которые добывают воду для надземного побега, а при посадке в почву они получают дополнительное питание.



Рис. 425.

Луковица гиацинта.



Рис. 426.

Клубнелуковица Джека на кафедре.

725. Клубнелуковица.— Клубнелуковица представляет собой толстый, короткий, мясистый подземный стебель. Хороший пример можно найти в книге "Джек за кафедрой" (Arisæma).

726. Клубни.—Это утолщенные части подземных стеблей. Наиболее широко известным примером является клубень картофеля ("ирландский" картофель, а не сладкий картофель, который является корнеплодом). "Глазки" картофеля - это почки на стебле, из которых появляются воздушные побеги, когда картофель прорастает. Клубень картофеля в значительной степени состоит из крахмала, который используется в пищу молодыми ростками.

726а. Филлоклады.— Это деревья, кустарники или травы, у которых листья сведены к простым прицветникам и стеблям, они не только зеленые и функционируют как листья, но некоторые или все ветви сплюснуты и напоминают листья по форме, как у филланта, рускуса, Семелы, спаржи и т.д. Цветки распускаются непосредственно на этих уплощенных осях. Кактус опунция (Opuntia) также относится к филлокладу. Примеры филлокладов часто можно встретить в теплицах.

727. Недифференцированные стебли встречаются у таких растений, как ряска или утконос (Lemna, Wolffia и др. [См. Главу III](#)).

IV. Ежегодный прирост и зимняя защита побегов и почек.[\[41\]](#)

728. Зимние условия.[\[42\]](#)—В то время как травы подвергаются воздействию только влажной теплой атмосферы летом, древесные растения также подвергаются воздействию холодной сухой зимы и должны защищать себя от таких условий. Зимой воздух суше, чем летом; в то же время поглощение корней значительно замедляется холодной почвой. Кроме того, поскольку осмотическая активность спящих клеток веточки значительно снижена, силы, поднимающие воду, сведены к минимуму. Таким образом, легко видеть, что зимой дерево практически находится в условиях пустыни. Более того, различными исследователями было установлено, вопреки общему мнению, что холод при замерзании является лишь косвенной причиной смерти. Реальной причиной является забор воды из

клетки кристаллами льда, образующимися в межклеточных пространствах. Смерть наступает из-за того, что содержание воды снижается ниже опасной точки для данной конкретной клетки. Раньше считалось, что при замораживании клетки в ткани разрушаются. Это не так. Лед почти никогда не образуется внутри клетки, но в промежутках между ними. Таким образом, замораживание на самом деле является процессом высыхания, а сухость, а не холод, приводит к смерти зимой. Чтобы защитить себя зимой, деревья покрывают открытые поверхности различными водонепроницаемыми покрытиями и снижают активность протоплазмы, чтобы ей было легче вредить из-за потери воды, забираемой в процессе замораживания.



Рис. 427.

Двухлетняя веточка конского каштана, на которой видны почки и рубцы на листьях. (Для этого рисунка следовало выбрать веточку с верхушечной почкой.)

729. Защита веток.—Древесные растения защищают живые клетки внутри веток за счет образования тусклой или грубой пробковой коры, или толстого глянцевого эпидермиса по всей поверхности. Через определенные промежутки встречаются маленькие беловатые пятнышки, называемые чечевичками, которые здесь выполняют почти ту же функцию, что и устьица на листе.

730. Кора ствола.Аналогичную услугу выполняет кора для основного ствола и ветвей дерева. Чтобы обеспечить рост в диаметре, старую кору постоянно сбрасывают полосками, хлопьями и т.д. И заменяют новым, но большим цилиндром из молодой коры. Созданный таким образом внешний вид позволяет опытным людям распознавать многие виды деревьев только по стволу.

731. Рубцы на листьях и пучках.—Наличие опавших листьев в течение зимы значительно увеличило бы пропускающую влагу поверхность, не принося пользы растению; следовательно, их обычно сбрасывают с приближением зимы. Рубцы, оставленные опавшими листьями, называются рубцами от листьев. Маленькие точки на рубцах от листьев, оставленные сосудистыми пучками, которые проходят через черешок в веточку, называются рубцами от пучков. Иногда опавшие прилистники оставляют рубцы на прилистниках с каждой стороны листа.

732. Узлы и междоузлия.Область на стебле, где образуется лист, называется узлом. Пространство между двумя узлами - это междоузлие.



Рис. 428. Побег ореха обыкновенного с рубцами на листьях, пазушными почками и придаточными почками (почки появляются над пазухами).



Рис. 429. Побег и почка белого дуба.

733. Филлотаксия.—Исследование веточки конского каштана или ивы покажет, что рубчики на листьях занимают определенные положения, которые постоянны для каждого растения, но различны для двух видов. Расположение листьев на стебле у любого растения называется филлотаксией. У конского каштана мы находим два рубца, расположенных в одном и том же узле, но на противоположных сторонах стебля. Несколько выше мы находим еще два, расположенных аналогичным образом, но в положении, перпендикулярном положению первой пары. Такая филлотаксия называется противоположной. Если у какого-либо растения в узле образуется несколько листьев, филлотаксия является мутовчатой. Если в каждом узле всего по одному, как у ивы, филлотаксия чередуется. Очень часто встречаются противоположные и альтернативные типы. Более пристальное наблюдение покажет, что у ивы, если провести линию, соединяющую последовательные рубцы на листьях, она будет проходить по спирали вверх по ветке, пока, наконец, не достигнет рубца прямо над тем, который был взят за исходную точку. Такое спиральное расположение всегда сопровождает альтернативную филлотаксию. Участок спирали, очерченный таким образом, называется циклом. Мы выражаем природу цикла дробями $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$ и т.д., в которых числитель обозначает количество оборотов вокруг стебля в каждом цикле, а знаменатель - количество рубцов на листьях на том же расстоянии. В общем, мы находим в растениях только такие структуры, которые представлены приведенными выше дробями. Эти дроби демонстрируют любопытное условие, заключающееся в том, что числитель и знаменатель каждой из них равны сумме числителя или знаменателя двух предыдущих дробей. Было высказано много предположений относительно значения этих определенных законов расположения листьев. Частично они могут быть вызваны желанием, чтобы каждый лист получал максимальное количество света. Только определенные геометрические условия обеспечат это. Скорее всего, это связано с экономией пространства, отведенного листовым основаниям в зародыше. Здесь, опять же, геометрические законы управляют этой экономией. Филлотаксия почти постоянна для данного вида.

734. Почки. Точка роста стебля или ветви вместе с основаниями листьев или цветков и защитными структурами называется почкой. Зимние почки на древесных растениях являются верхушечными, когда они охватывают точку роста главной оси ветки; боковыми, когда точка роста является точкой роста ветви главной оси. Боковые почки всегда пазушные, то есть расположены под верхним углом между листом и главной осью.

735. Почки, занимающие особое положение.—У некоторых видов деревьев и кустарников образуется более одной почки в каждой пазухе листа. Дополнительные называются вспомогательными или нештатными почками. Они могут располагаться сбоку друг от друга или накладываться друг на друга, как у грецкого ореха. В таких случаях некоторые бутоны обычно содержат просто цветочные побеги и называются цветочными почками. У некоторых видов почки часто образуются на боковой стороне ветвей и ствола на некотором расстоянии от пазух листьев и совершенно без учета последних; реже они могут появляться на корне. Такие почки называются придаточными и являются источником перистых веточек на стволах американского вяза.

736. Ветвление следует за филлотаксией.—Поскольку боковые почки, или почки, образующие ветви, всегда расположены в пазухах листьев, ветви обязательно располагаются по главной оси так же, как и листья. Поскольку, однако, многие пазушные почки не развиваются, это расположение может быть более или менее незаметным.

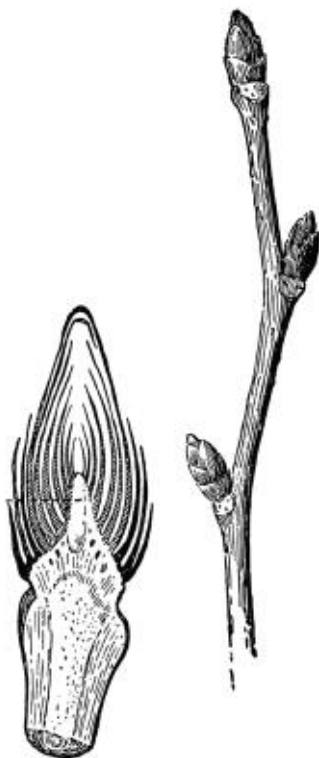


Рис. 430.

Почка вяза европейского в разрезе, показано наложение чешуек.

737. Покровы зимних почек.—Они бывают двух видов: волосяные и пробковые, или чешуйчатые. Бутоны, защищенные просто густыми волосками или утопленные в пробке веточки, называются голыми бутонами и встречаются сравнительно редко. Большинство видов защищают свои бутоны добавлением вкрапленного покрытия из плотно прижатых чешуек, которое часто становится еще более водонепроницаемым за счет выделения смолы между чешуйками или по всей поверхности. При тщательном изучении чешуи обнаруживается, что это сильно уменьшенные листья или их части. В некоторых случаях они представляют собой модифицированный цельный лист, когда их называют пластинчатыми, или лист-черешок, когда они черешковые, или прилистные, когда они представляют собой высокоспециализированные прилистники листа, которые сами по себе обычно отсутствуют. Последний тип встречается гораздо реже. Форма бутона, характер и форма чешуек в сочетании с признаками, обозначаемыми рубцами на листьях и пучках, позволяют распознавать и классифицировать зимние побеги различных древесных пород.

738. Филлотаксис почковых чешуй.—Поскольку почковые чешуйки представляют собой листья, они придерживаются определенной филлотаксии. Она может совпадать, а может и не совпадать с филлотаксией листьев листвы. Веточки с противоположными листьями имеют противоположные почковые чешуи, или, если с очередными листьями, то почковые чешуи чередуются, но доли различаются. Если чешуи прилистные, то их, конечно, по две на каждом узле.

739. Функция покровов бутона.—В народе считается, что чешуйки и волосистые покровы служат для сохранения тепла в бутоне. Исследования, однако, показывают, что это почти полностью ошибочно и что тонких покровов бутонов совершенно недостаточно для защиты от зимних холодов. Они не могут сохранить бутон даже на один-два градуса теплее, чем наружный воздух, за исключением тех случаев, когда изменения происходят очень быстро. Эксперимент также показывает, что модифицирующий эффект покрытия при оттаивании бутона настолько незначителен, что им практически пренебрегают. Действительно, колба термометра, покрытая чешуйками, взятыми из бутона конского каштана, под воздействием солнечного света нагревалась быстрее, чем голая. Шерсть в бутоне конского каштана используется не для сохранения тепла, а для защиты молодого побега от слишком сильного испарения после распускания бутона следующей весной. Исследования также показали, что такое смягчение тепловых условий не особенно полезно для растения, как считалось раньше. Мы также не можем найти основную функцию в предотвращении попадания воды в бутон. Этого можно было бы достичь гораздо более простыми способами, даже если бы мы могли продемонстрировать желательность вообще не допускать попадания воды.

Истинных функций бутоновых чешуек всего две: во-первых, предотвращение слишком большой потери воды молодыми и нежными частями внутри; и, во-вторых, защита этих же частей от механических повреждений. Без какой-либо такой защиты хрупкие молодые структуры были бы сбиты ветром или стали бы пищей для голодных птиц в течение долгих зимних месяцев.



Рис. 431.
Раскрывающиеся бутоны гикори.

740. Раскрытие бутонов.—Когда весной молодой побег начинает расти, почковые чешуйки раздвигаются или раскрываются сами по себе. В молодом состоянии побег очень мягкий и ломкий, а также обладает очень тонким, слегка кутинизированным эпидермисом. В этом состоянии он особенно подвержен механическим повреждениям и травмам в результате высыхания. Таким образом, мы обнаруживаем тенденцию к удлинению внутренних чешуек бутона во время цветения, образуя таким образом трубку вокруг нежной ткани, очень похожую на отверстие телескопа. Молодые листья и сами междоузлия часто покрыты деревянистым или волосистым покровом, замедляющим транспирацию. Когда эпидермис становится более эффективным, волосистой покров часто отпадает.

В случае обнаженных почек защита обеспечивается другими способами: защитой волосистого покрова, физиологической адаптацией ткани или во многих случаях поздним появлением побега весной после прекращения очень сухих апрельских и майских ветров.

741. Рубцы от почек и как определить возраст растения.—Как правило, почковые чешуйки, когда они опадают весной, оставляют рубцы, называемые чешуйчатыми рубцами, и вся совокупность чешуйчатых рубцов составляет почковый рубец. Таким образом, обозначено положение почек предыдущей зимы. Определить возраст ветви становится несложно, поскольку все, что необходимо, - это проследить путь от одной почки к другой, причем участок стебля между ними представляет собой, за исключением редких случаев, годовой прирост.

Древесное растение увеличивается в высоту только за счет образования новых секций стебля, добавленных к верхушке или боковой стороне аналогичных секций, полученных в предыдущем сезоне, и никогда, как обычно предполагается, за счет дальнейшего удлинения прошлогоднего прироста. Следовательно, ветвь, однажды сформированная на дереве, фиксируется относительно ее расстояния от земли. Кажущийся подъем ветвей от земли у лесных деревьев - это иллюзия, вызванная отмиранием нижних ветвей.

742. Определенный и неопределенный рост.—С распусканием почек весной начинается рост. В некоторых случаях, когда все элементы за сезон были сформированы, но все еще незначительны, внутри бутона, такой рост заключается исключительно в расширении уже сформированных частей; в других, таким образом, присутствует только несколько элементов для расширения, в то время как новые образуются в точке роста по мере развития сезона. В большинстве случаев рост завершается к середине июля, вскоре после чего образуются почки для роста в следующем году. Такой способ выращивания называется определенным.

У некоторых древесных растений, таких как, например, сумах, саранча и малина, рост продолжается до поздней осени. В таких случаях недавно образовавшиеся узлы и междоузлия не могут стать достаточно "закаленными" до наступления зимы и более или менее отмирают. Побег следующего сезона - это ветвь от какой-нибудь пазушной почки. Такой рост называется неопределенным.

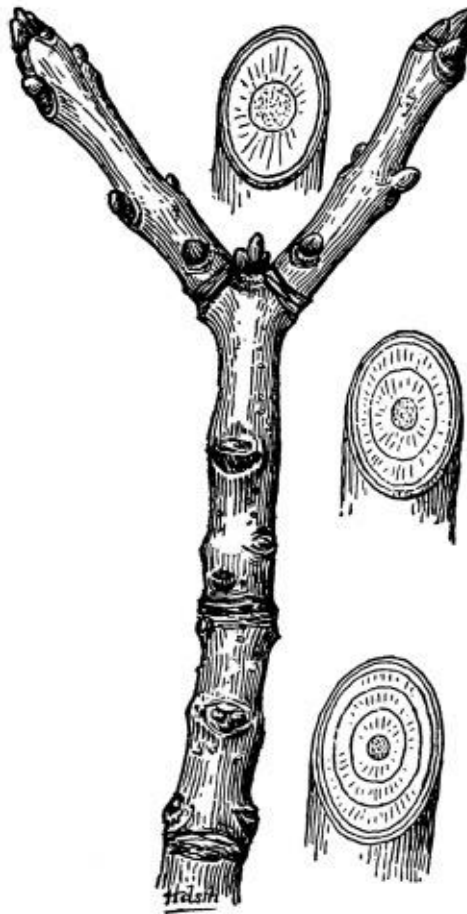


Рис. 432.

Трехлетняя веточка американского ясеня, на срезах годичного прироста видны годовичные кольца.

743. Структура древесных стволов.—Если мы сделаем поперечный разрез древесной ветки, то на обозрение будут представлены три основные области. Снаружи находится довольно мягкая, часто зеленоватая, так называемая “кора”, состоящая из сетчатых трубочек, обычных клеток паренхимы и во многих случаях длинных волокнистых клеток, составляющих “волокнистую кору”. Из растущего слоя в этой области, называемого феллогеном, образуется настоящая пробковая кора более старого ствола.

Далее внутри коры мы находим так называемую “древесную” часть ветки. Она прочная и устойчива как к ломке, так и к порезам. Микроскоп показывает, что он состоит из обычных, уже известных древесных элементов,^[43] древесных волокон для укрепления, ямчатых и спиральных сосудов в качестве проводящей ткани; и смешанных с ними некоторых живых клеток паренхимы. На поперечном сечении стебля также видны узкие радиальные линии, проходящие через древесину. Это сердцевинные лучи, состоящие из вертикальных пластинок живых клеток паренхимы. Эти клетки, в отличие от других в древесине, вытянуты в радиальном направлении, а не вертикально. Высота сердцевинных лучей, а также их толщина варьируются в зависимости от исследуемой породы. В более старом стволе только внешняя часть толщиной в несколько дюймов остается светлой и свежей и называется заболонной древесиной. Внутренняя древесина обычно темнее и тверже и называется сердцевинной древесиной. Живые клетки паренхимы, как правило, присутствуют только в заболонной древесине, и почти исключительно в ней происходит

выделение сока. Красители и другие вещества часто оседают на стенках сердцевины древесины.

Третья область, занимающая центр веточки, - это сердцевина. Обычно он состоит из угловатых, немного удлинённых клеток паренхимы, при созревании в основном без клеточного содержимого и наполненных воздухом. Сердцевинная область у разных деревьев довольно разнообразна. Он может быть полым, камерным, содержать разбросанные толстостенные ячейки, иметь деревянные перегородки или редко быть полностью толстостенным.

Природа древесного кольца поначалу вызывает некоторое недоумение, но его происхождение просто. Мы можем предположить, что он развился из стеблевого типа, подобного подсолнечнику, у которого пучки, хотя и отдельные, соединены непрерывным камбиевым кольцом. У древесных побегов многочисленные пучки плотно прижаты друг к другу и разделены только первичными сердцевинными лучами, идущими от сердцевины к коре. Внутри каждого пучка образуются другие вторичные сердцевинные лучи, но обычно они проходят только часть пути от коры до сердцевины. Древесина представляет собой ксилему пучка, а ситовые трубки коры - флоэму.

744. Увеличение толщины.—Хотя годовой прирост не увеличивается в длину после окончания первого сезона, он очень сильно увеличивается в диаметре. Из обычной маленькой веточки она может со временем превратиться в большой ствол дерева толщиной в несколько футов. В первый год точка роста обеспечивает лишь часть прироста. Все остальное - продукт производства камбия, деревянного цилиндра, который каждый сезон добавляется к внешней поверхности старого дерева. Камбий здесь, как и у подсолнечника, находится между флоэмой и ксилемой, образуя цилиндр полностью вокруг стебля. Весной, когда она активна, она становится мягкой и ажурной, что позволяет легко сдирать кору с некоторых деревьев, таких как ива и т.д., в это время года.

745. Годичные кольца на древесных стеблях.Древесина, вырабатываемая камбием каждый сезон, неоднородна по всей длине, но обычно намного плотнее к внешней части годичного цилиндра, здесь преобладают древесные волокна. Во внутренней части преобладают сосуды, что создает гораздо более пористый эффект. Переход от однолетнего роста к другому происходит очень резко, что приводит к появлению колец в поперечном сечении. Поскольку обычно в странах с умеренным климатом ежегодно добавляется только один древесный цилиндр, количество колец будет указывать на возраст ствола или ветви. Это не совсем точно, поскольку на некоторых деревьях при определенных условиях за лето может образоваться более одного кольца. Пористую часть кольца часто называют "весенней древесиной", а более плотную - "осенней древесиной", но поскольку рост камбия у большинства деревьев прекращается к середине июля, для последней больше подходит "летняя древесина". Главным образом, чередование цилиндров весенней и летней древесины придает пиломатериалам характерную зернистость. Сердцевинные лучи играют важную роль в зернистости древесины лишь в нескольких породах, как, например, в четвертованном дубе. Причина получения пористой весенней древесины и плотной летней древесины до сих пор остается одной из нерешенных проблем ботаники.

ГЛАВА XL. ЛИСТВА УХОДИТ.

I. Общая форма и расположение листьев.

746. Влияние листвы листьев на форму стебля.— Заметное влияние, которое оказывает листва на внешний вид растения или на ландшафт, очевидно для всех наблюдателей. Возможно, принято рассматривать стебель как созданный для демонстрации листвы, не принимая во внимание возможность того, что листва может оказывать большое влияние на форму или повадки стебля. Однако совершенно очевидно, что листва оказывает большое влияние на форму стебля. Например, по мере увеличения возраста и размеров деревьев развитие внутренних ветвей прекращается, и некоторые из уже сформировавшихся отмирают, поскольку густая листва по периферии деревьев отсекает необходимый световой стимул. Таким образом, дерево имеет меньше ветвей и более открытую внутреннюю часть. Кроме того, в лесу густая листва над ним позволяет получить стройные, чистые древесные стволы. Обратите внимание на некоторые деревья, у которых случайно или намеренно были удалены конечные ветви с листвой, что внутри древесной системы могут появиться ветви с листвой.

Без листьев привычка стеблей зеленых растений сильно отличалась бы от того, что они делают. Это развитие могло происходить в трех различных направлениях под воздействием света: (1) Световой стимул вызвал бы обильное ветвление, так что появилось бы много мелких ветвей. (2) На стебле будет меньше ветвей, но они будут сплюснутыми. (3) Массивные стволы с небольшим количеством ветвей или вообще без них. Фактически, все эти формы встречаются на определенных зеленых стеблях, на которых нет листьев. Примером первой формы является спаржа с ее многочисленными тонкими ветвями. Но такие формы в нашем климате встречаются редко, так как листопадные листья более эффективны. Вторая и третья формы встречаются среди кактусов, которые обычно растут в засушливых регионах в условиях, которые были бы губительны для обычных тонколистных листьев.

747. Отношение листьев к стеблю.При изучении положения листьев на стебле мы наблюдаем два важных способа распределения: (1) распределение по отдельному стеблю или ветви, на которой они растут, обычно классифицируемое под названием *филлотаксии*; (2) распределение листьев по отношению к растению в целом.

748. Филлотаксия, или расположение листьев.—При изучении почек на зимних побегах древесных растений нас не могут не впечатлить некоторые особенности расположения этих элементов на стебле растения.

У конского каштана, как мы уже наблюдали, листья расположены парами, причем каждый из пары стоит напротив своего партнера, в то время как пара чуть ниже или выше расположена поперек стебля под прямым углом к положению первой пары. В других случаях (обычная подстилка из соломы) листья собраны в мутовки, то есть несколько стоят на одном уровне по оси, распределенной вокруг стебля. Гораздо у большего числа растений листья расположены попеременно. Простой пример чередующихся листьев представлен вязом, у которого листья располагаются последовательно по разные стороны стебля, так что расстояние от одного листа до следующего, если измерять вокруг стебля, составляет ровно половину расстояния вокруг стебля. Такое расположение составляет одну половину, или угол отхождения одного листа от следующего равен одной половине. В случае с осокой угол расхождения меньше, то есть составляет одну треть.

У гораздо большего числа растений с поочередным расположением листьев угол расхождения составляет две пятых. Были обнаружены другие углы расхождения, и большое внимание уделялось тому, что называется законом роста стебля в зависимости от положения, которое занимают листья. В частности, сложение числителей и знаменателей последних двух дробей дает следующий, более высокий угол расхождения. Пример:

$$\frac{1+2}{3+5} = \frac{3}{8}; \frac{2+3}{5+8} = \frac{5}{13};$$

и так далее. Есть, однако, многочисленные исключения из этой регулярной схемы, которые заставили некоторых усомниться в важности любой теории, подобной "спиральной теории" роста, предложенной Гете и другими людьми его времени.

749. Адаптация в расположении листьев.—Однако в результате того или иного расположения мы видим прекрасную адаптацию частей растения к окружающей среде или влияние, которое окружающая среда, особенно свет, оказала на расположение листьев и ветвей растения. Доступ к свету и воздуху имеет величайшее значение для зеленых растений, и нельзя не быть глубоко впечатленным действием законов природы, в соответствии с которыми огромное разнообразие растений выработало эту адаптацию различными способами.

750. Распределение листьев по отношению ко всему растению.—В этом случае, как и в первом, мы признаем, что речь идет в первую очередь о соотношении освещенности. По мере того, как растение становится крупнее и более разветвленным, нижние и внутренние листья исчезают. У деревьев и кустарников гораздо большее количество листьев находится на периферии системы ветвей. Однако сравнение различных видов деревьев в этом отношении показывает, что существуют большие различия. Деревья с густой листвой (вяз, норвежский клен и др.) Имеют многочисленные листья по периферии, которые пропускают очень мало света внутрь, где листьев очень мало или их совсем не хватает. Сахарный и красный клены не отбрасывают такой густой оттенок, и внутри них больше листьев. Это более заметно у серебристого клена и еще более у саранчи (*Gleditschia tricanthos*).

751. Цвет листьев листы.—Подавляющее большинство листьев листы зеленого цвета. Как мы узнали ([глава VII](#)), это связано с присутствием зеленого пигмента хлорофилла в хлоропластидах, густо разбросанных по клеткам листа. Мы также узнали, что в подавляющем большинстве случаев световой стимул необходим для выработки хлорофиллового зеленого цвета. Есть много листьев, которые имеют другие цвета, такие как красный (*Rosa rubrifolia*), фиолетовый (фиолетовый барбарис, орешник, бук, береза и т.д.), желтый (золотой дуб, бузина и т.д.); в то время как многие другие в молодости имеют более или менее глубокие оттенки розового, красного, фиолетового, желтого. Однако все эти листья содержат хлорофилл в дополнение к красному, желтому, фиолетовому или другому пигменту. Эти другие пигменты иногда вырабатываются в большом количестве в клеточном соке. Они скрывают хлорофилл от посторонних глаз, но не оказывают серьезного влияния на действие света и функцию хлорофилла и, возможно, в некоторых случаях служат экраном для защиты протопласта.

752. Осенние краски.—Листья многих деревьев осенью приобретают великолепные цвета. В основном это оттенки красного или желтого, а иногда и фиолетового. Осенний окрас у одних деревьев более выражен, чем у других. У красного клена, красного и алого дуба, кислого дерева и т.д. преобладает красный цвет, хотя иногда

желтый может присутствовать вместе с красным в одном листе. Сахарные клены, тополя, гикори и т.д. Осенью в основном желтые. Сладкая камедь имеет богатое разнообразие окрасов - красный, фиолетовый, бордовый, желтый; иногда все эти цвета присутствуют на одном дереве.

Красный и фиолетовый цвета содержатся в клеточном соке определенных клеток листа примерно так же, как мы обнаружили его в клетках красной свеклы. Желтый цвет в основном обусловлен исчезновением и дегенерацией хлорофилла, пока лист находится в умирающем состоянии. Аналогичное явление наблюдается при пожелтении сельскохозяйственных культур, когда почва становится слишком влажной, или при побледнении травы при укрытии доской, или сельдерея, когда земля покрывается листьями в конце лета и осенью. Был выдвинут ряд различных теорий для объяснения осенней окраски, то есть появления красного красящего вещества. Это было связано с приближением холодной погоды, и это, вероятно, привело к ошибочному мнению некоторых, что это вызвано морозом. Это очень часто предшествует заморозкам. Некоторые объясняют это действием более косых лучей света осенью, а другие - уменьшением запасов воды с приближением прохладной погоды. Этот вопрос до сих пор не нашел удовлетворительного решения и, безусловно, является очень неясным. Вероятно, что низкая температура или снижение активности листьев влияют на определенные органические вещества в листьях и приводят к появлению красного цвета, и совершенно очевидно, что в одни годы окраска более яркая, чем в другие. В одних регионах цвет более яркий, чем в других, и предполагается, что различная почва, а также климат оказывают определенное влияние. Леса Северной Америки известны ярким проявлением осеннего колорита. Возможно, это в какой-то степени связано с большим разнообразием или количеством видов, которые проявляют окраску. Казалось бы, у определенных деревьев есть как специфические, так и индивидуальные особенности. Некоторые особи, например, демонстрируют яркую окраску каждую осень, в то время как другие представители того же вида более приглушены.

Экспериментально было показано, что когда солнечный свет проходит через красные цвета, температура немного повышается, и было высказано предположение, что это может служить защитой для живого вещества, которое перестало функционировать и которому угрожает травма от холода. Однако, по-видимому, для этого предположения нет особых оснований. Это, конечно, не могло защитить протоплазму листа ночью, когда холод более сильный, а днем только усугубило бы ситуацию, поставляя повышенное количество тепла, поскольку чередование экстремальных температур и холода более вредно для жизни растений, чем равномерный холод. Особенно это было бы актуально в альпийском климате, где чередование жары и холода между днем и ночью является экстремальным, а яркость окраски альпийских растений хорошо известна. Кажется более разумным предположить, что красный цвет действует как экран, поскольку хлорофилл исчезает, защищая от вредного действия света определенные органические вещества, которые должны быть перенесены обратно с листа на стебель для зимнего хранения. Таким образом, в случае многих стеблей весной или в начале лета, когда молодые листья часто имеют красноватый оттенок, вполне вероятно, что это действует как экран для защиты живого вещества от сильного света в это время года, пока хлорофилловый экран, который слаб в молодых листьях, не станет более темным по цвету и более эффективным, когда красный цвет часто исчезает.

753. Функция листьев.—В целом функция листа как органа растения состоит из пяти частей (см. Главы [IV](#), [VII](#), [VIII](#), [XI](#)), (1) ассимиляции углекислого газа или *фотосинтеза*, (2) транспирации, (3) синтеза других органических соединений, (4) дыхания и (5) собственно ассимиляции, или образования нового живого вещества. Хотя ни одна из этих функций не выполняется исключительно листом, он является главным местом

осуществления первых трех из этих процессов, его форма, положение и структура особенно приспособлены для этой цели. Собственно ассимиляция, а также дыхание, вероятно, происходят одинаково во всех растущих или активных частях тела.

754. Части листа.—Все листовые листья имеют *пластинку* или *пластинку*, названную так из-за ее *расширенного* и *тонкого* характера. Лезвие - это важная часть. Однако многие листья снабжены ножкой или *черешком*, с помощью которого пластинка выступает на большее или меньшее расстояние от стебля. Листья без черешка *сидячие*, лопасть прикреплена одним концом непосредственно к стеблю. В некоторых случаях основание лопасти частично оборачивается вокруг ножки, а в других - полностью огибает ножку и является *листовидным*. Кроме того, многие листья имеют короткие придатки, называемые *прилистниками*, прикрепленные обычно на противоположных сторонах черешка в месте его соединения со стеблем. У некоторых видов магнолии прилистники настолько велики, что каждый из них покрывает всю еще не раскрывшуюся часть бутона. На многих листьях имеются выросты в виде волосков, чешуек и т.д. ([См. Раздел Защита листьев.](#))

755. Простые листья.—Простые листья - это те, у которых пластинка плоская по краю, не разделенная. Край может быть цельным или слегка зазубренным (зубчатым), как у вяза. Форма простого листа сильно варьируется, но обычно постоянна для данного вида, или он может различаться по форме у одного и того же вида на разных частях растения. Некоторые термины, применяемые к очертаниям листа, - яйцевидный, овальный, эллиптический, ланцетный, линейный, игловидный, и т.д., Но бесполезно тратить время на мельчайшие детали формы, пока это не станет необходимым для тех, кто в будущем займется таксономической работой. Очевидно, что простой лист, за исключением листьев мельчайшего размера, обладает преимуществами перед разделенным листом в объеме поверхности, которую он подвергает воздействию света. Но в других отношениях он находится в невыгодном положении, особенно по мере увеличения в размерах, поскольку отбрасывает более глубокий оттенок и не допускает такой свободной циркуляции воздуха. Однако при изучении отношения листьев к свету и воздуху будет обнаружено, что баланс между листом и окружающей средой достигается через отношение листьев друг к другу.

756. Жилкование листьев.—Очень заметной особенностью листа является его "жилкование". На это указывает наличие многочисленных "прожилок", обозначаемых обычно узкими вдавленными линиями на верхней поверхности и более или менее отчетливыми приподнятыми линиями на нижней поверхности. Существует два основных типа: (1) У кукурузы, *Smilacina*, *Solomon's seal* и др. Жилки проходят вдоль листа и почти параллельны. Говорят, что такие листья с *параллельными прожилками*. Обычно, хотя и не всегда, это характерно для однодольных растений. (2) У вяза, розы, боярышника, клена, дуба и т.д. Жилки не все параллельны. Более крупные из них либо отходят от основания пластинки (пальчатый лист, клен), либо средняя жилка проходит через среднюю линию листа, в то время как другие выступающие из них ответвляются от нее и тянутся почти параллельно к краю листа (перистое жилкование). Более мелкие промежуточные вены, которые также очень отчетливы, проходят нерегулярно, разветвляются и анастомозируют таким образом, что образуют сетку с очень мелкими ячейками. Это *листья с сетчатыми прожилками*. Они характерны для большинства двудольных растений. Из того, что было сказано о приведенных примерах, очевидно, что существует два типа листьев с сетчатыми прожилками: *пальчатые* и *перистые*.

ПРИМЕЧАНИЕ. Как мы уже узнали в [главе V](#), жилки содержат сосудистые пучки листа. Через них вода и пищевые растворы распределяются по всем частям листа, и обратный поток пищевого материала, выработанного в листе, возвращается обратно через лубяную часть в побег. Жилки также содержат небольшое

количество механической ткани. Это формирует каркас листа и помогает придать листу жесткость и удерживать его в развернутом положении. Механическая ткань каркаса сама по себе не могла бы поддерживать лист. Дополнительно требуется увеличение мезофилла.

757. Листья разрезанные или лопастные.—На многих листьях углубления по краям немногочисленны. Такие листья состоят из нескольких долей, пропорциональный размер которых зависит от глубины углубления или “надреза”. Некоторые клены, дубы, березы, ядовитый плющ, чертополох, одуванчик и т.д. Имеют Лопастные листья. Там, где углубление доходит до средней жилки или очень близко к ней, лист считается разрезанным. Изучение различных листьев покажет все градации от простых листьев с плоскими краями до тех, которые разрезаны или разделены, как у сложных листьев, и доли часто имеют различные углубления.



Рис. 433.

Лопастные листья дуба, образующие мозаику.

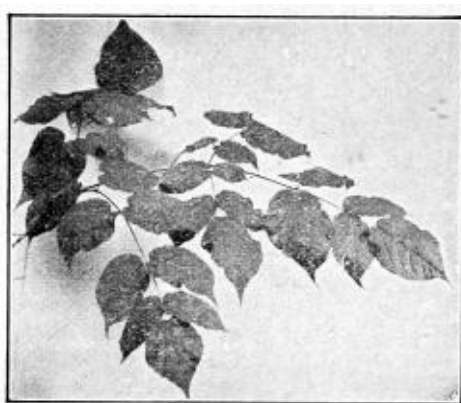


Рис. 434.

Дважды сложный лист. Створки расположены в одной плоскости, но открытые пространства обеспечивают свободную циркуляцию воздуха через большой лист.

758. Разделенные или составные листья. Роза, сумах, бузина, гикори, грецкий орех, саранча, горох, клевер, американская лиана и т.д. Являются примерами разделенных или составных листьев. Первые являются перисто-сложными, а вторые - пальчато-сложными. Лист медоносной саранчи дважды перисто-сложный или двуперстный, а у некоторых трижды перисто-сложный.^[44] Очевидно, что сложные листья представляют собой лишь крайние формы лопастных или разрезанных листьев и что форма всех листьев имеет определенное отношение к первичному жилкованию. Произошло уменьшение мезофилла и площади меньшего жилкования.

759. Эти формы листьев, вероятно, имеют какое-то определенное значение. Не совсем ясно, почему они должны были развиваться таким образом, хотя можно объяснить несколько важных связей этих форм с окружающей средой. (1) Уменьшение поверхности листа с сохранением более твердых частей обеспечивает более свободное движение воздуха и обеспечивает листу большую защиту от повреждений во время сильного ветра, точно так же, как мелко рассеченные листья некоторых водных растений менее подвержены повреждениям от движения более плотной среды, в которой они обитают. Вполне возможно, что здесь мы можем получить объяснение одного из факторов, связанных с таким уменьшением листовой поверхности. (2) У деревьев со сложными листьями, таких как гикори, грецкий орех, саранча, айлант и т.д., средняя жилка, а в случае кофейного дерева Кентукки (*Gymnocladus*) также первичные боковые жилки служат вместо конечных ветвей стебля. За счет увеличения очертаний листа и уменьшения его поверхности между более крупными жилками дерево достигло такого же развития листьев, какое было бы, если бы более крупные жилки были заменены стеблями с простыми листьями. Однако у дерева как такового есть преимущество в том, что оно способно сбрасывать на зимний период слой того, что в противном случае было бы частью стволовой системы, для сохранения которого в течение зимы потребовалось бы больше энергии, чем при нынешней уменьшенной стволовой системе, а более толстый ствол менее подвержен высуханию. В случае травянистых растений, в случае растений, подобных большинству папоротников, у которых стебель находится на подземном подвое (*Pteris*), или на очень коротком прямостоячем стебле, как у рождественского папоротника, лист заменяет воздушный стебель, а деление (или разветвление, как это иногда называют) листа соответствует разветвлению стебля. Это более заметно у гигантских экзотов, таких как *Cibotium regale*, и у древовидных папоротников с довольно высокими стволами, массивные сложные листья заменяют ветви. В пальмах и саговниках есть похожие примеры. Те, кто решит понаблюдать, несомненно, найдут множество примеров под рукой. (3) Хотя разделенные листья, вероятно, не развились в ответ на соотношение освещенности, все же их соотношение в этом отношении является важным, поскольку, если бы лист с его нынешним размером был цельным, он отбрасывал бы слишком густую тень на другие листья ниже.

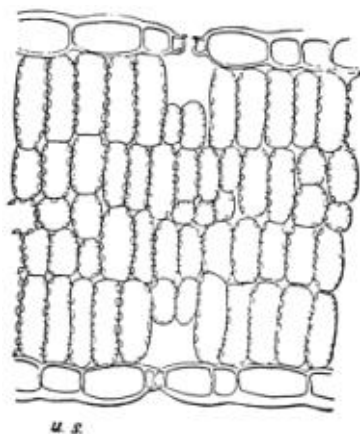
760. Общее строение листа.—Общая структура листа уже изучена (см. Главы [IV](#), [V](#), [VII](#)). Необходимо лишь напомнить основные моменты. Верхняя и нижняя поверхности листа снабжены слоем клеток, обычно лишенных хлорофилла. Мезофилл листа обычно состоит из слоя частоклообразных клеток под эпидермисом, а остальная часть состоит из рыхлой паренхимы с большими межклеточными пространствами. Через мезофилл проходят “вены”, или фиброваскулярные тяжи, состоящие из частей ксилемы и флоэмы и служащие каналами для воды, солей и пищевых продуктов. В эпидермисе находятся устьица, каждое из которых защищено двумя защитными клетками. Защитные клетки, а также мезофилл содержат хлорофилл. Устьица и сообщающиеся межклеточные пространства обеспечивают пути для входа и выхода газов, а также для выхода водяного пара.

761. Защита листьев.—Существует множество модификаций общего плана структуры различных листьев, многие из которых являются приспособлениями для защиты листа в

неблагоприятных условиях. Многие листья также способны принимать определенные положения, которые обеспечивают им защиту. Обсуждение этого вопроса может быть представлено в двух общих разделах: Защитные модификации; защитные положения.

II. Защитная модификация листьев.

762. Общие указания, в которых были внесены эти изменения.—Обычно выбирается тип листьев лиственных деревьев или кустарников, а также наших обычных трав. Такой лист обычно сильно расширяют и делают тонким, чтобы обеспечить как можно большую поверхность по сравнению с его массой, поскольку работа, которую приходится выполнять листу, может быть выполнена более эффективно, когда он обладает такой формой. Эта форма листа лучше всего приспособлена для работы в регионах со средним уровнем влажности, например, в зонах с умеренным климатом. Но поскольку климатические и почвенные условия этих регионов очень сильно различаются, а в пустынных и арктических регионах - еще больше, описанный тип листьев не подходит для всех. Его собственная жизнь оказалась бы под угрозой, и это также поставило бы под угрозу жизнь растения. Таким образом, произошли модификации, соответствующие этим условиям, или, по крайней мере, те растения, листья которых изменились в тех направлениях, которые соответствуют окружающим условиям, смогли сохраниться. Чрезмерный холод или жара, засуха, ветры, интенсивное освещение, дождь и т.д. - вот некоторые из условий, которые угрожают листьям. Защитные модификации листьев можно сгруппировать по четырем общим разделам: (1) Структурные адаптации.; (2) Защитное покрытие; (3) Уменьшение поверхности; (4) Уничтожение листа путем полного принятия функции листа на себя стеблем.



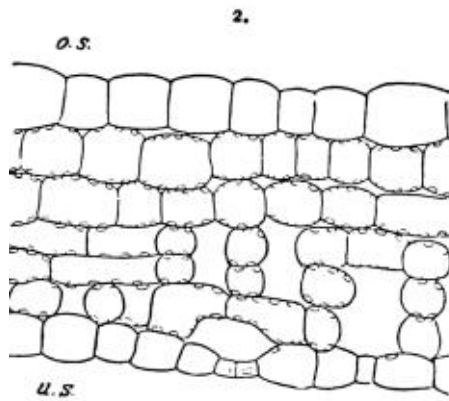


Рис. 435.

Структура листа *Lactuca scariola*. Верхний лист выращен на солнечном свете, клетки частокола с обеих сторон. Нижний, выращенный в тени, без частокола.

763. (1) Структурные адаптации.—Общая структура листа обладает определенными защитными свойствами. Частоколообразный слой клеток, обычно находящийся под верхним эпидермисом, образует компактный слой длинных клеток, который не только действует как световой экран, отсекающий определенное количество света, поскольку слишком интенсивный свет был бы вредным; он также помогает уменьшить потерю воды с верхней поверхности, где радиация выше. Устьица обычно находятся на нижней стороне воздушных листьев, и механизм, который закрывает их, когда лист теряет слишком много воды, является защитным. В качестве защиты от интенсивного света количество слоев частокола иногда увеличивается, или ячейки этого слоя становятся узкими и длинными. Это часто прекрасно видно при сравнении листьев одного и того же растения, выращенного при ярком освещении, с листьями, выращенными в тени. Интересным примером является растение компас (*Lactuca scariola*). Листья, выращенные на свету, обычно расположены вертикально, так что свет достигает обеих сторон. У таких листьев часто весь мезофилл организован в виде частоколообразных клеток ([рис. 435](#)), в то время как у листьев, выращенных в глубокой тени, частоколообразных клеток может и не быть.

764. (2) Защитное покрытие.—*Эпидермис и кутикула.*—Стенки эпидермальных клеток у некоторых растений сильно утолщены. Иногда это утолщение возникает на внешней стенке, или могут быть утолщены обе стенки. Различия в этом отношении, а также степень загущения наблюдаются у разных растений и часто коррелируют с экстремальными условиями, которым они призваны соответствовать. Кутикула, воскообразный налет из толстой стенки эпидермиса многих листьев, также служит защитой от слишком большой потери воды или от насыщения листа водой во время дождей. У капусты, гвоздики и др. Хорошо развита кутикула. Эффект кутикулы при сбрызгивании водой можно наглядно продемонстрировать, сбрызнув капустный лист водой или погрузив его в воду. Запавшие устьица также замедляют потерю водяного пара.

*Покровы из волос или чешуи.*Во многих листьях определенные клетки эпидермиса разрастаются в виде волосков или чешуек различной формы, и они служат различным целям. Когда волоски образуют войлочный покров, как у коровяка обыкновенного, некоторых усиковых растений и т.д., они уменьшают потерю водяного пара, поскольку задерживают потоки воздуха вблизи поверхности листа. Колючки (см. чертополох и др.) Также обеспечивают защиту от некоторых животных.

765. (3) Уменьшение поверхности.Уменьшение поверхности листа достигается различными способами. Существует два основных способа: (1) уменьшение поверхности

вместе с уменьшением массы; (2) уменьшение поверхности обратно пропорционально массе. Примеры первого способа можно увидеть на рассеченных листьях многих водных растений. В таком мелко рассеченном состоянии масса вещества листа значительно уменьшается, так же как и листовая поверхность, но лист менее подвержен повреждению при движении воды. Кроме того, уже указывалось, что лопастные и разделенные воздушные листья гораздо менее подвержены повреждениям от резких движений воздуха, чем если бы лист с такими же общими очертаниями был цельным. Игольчатые листья хвойных также являются примерами, и они также демонстрируют структурные положения для защиты в толстых, твердых клеточных стенках эпидермиса. Чтобы компенсировать уменьшенную поверхность, есть множество плотно прилегающих листьев. Уменьшение поверхности обратно пропорционально массе, т.е. масса листа может вообще не уменьшаться, или она может быть более или менее увеличена. Другими словами, площадь листа меньше пропорционально массе листового вещества. Вполне вероятно, что во многих случаях, например, при наличии скученных, перекрывающих друг друга мелких листьев можжевельника, древовидного дерева, кипариса, каспиопеи, пиксидантеры и т.д., имело место уменьшение размера листа и в то же время увеличение толщины. Это, наряду со скученностью листьев и их толстыми клеточными стенками, значительно уменьшает излучение влаги и тепла, таким образом защищая листья как в сухую, так и в холодную погоду. Суккуленты, такие как “живи вечно”, имеют небольшое количество поверхности пропорционально массе листа. У юкки, хотя листья часто крупные, они очень толстые и открывают сравнительно небольшую поверхность сухому воздуху и интенсивному солнечному свету пустынных регионов. Эпидермальный покров также твердый и толстый. Кроме того, такие листья, как и у многих суккулентов, настолько толстые, что обеспечивают растения достаточным запасом воды, которая так медленно стекает с их поверхности.

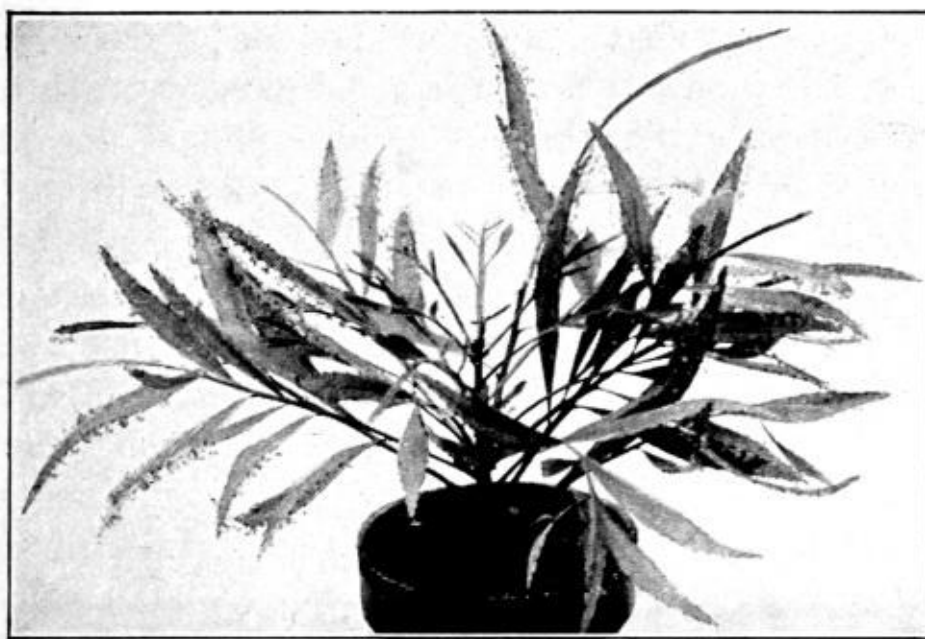


Рис. 436.

“Филлоклада”, листья отсутствуют, стебли расширены и выполняют функцию листьев, по краям распускаются многочисленные цветки.

766. (4) Удаление листа.— Возможно, наиболее яркой иллюстрацией уменьшения листовой поверхности являются те случаи, когда лист либо полностью исчезает, как у некоторых молочаев, либо у некоторых кактусов, где листья, как считается, превращаются в колючки. Независимо от того, принадлежит ли корешок кактуса к листовому ряду или нет, лист как орган для ассимиляции и транспирации был полностью уничтожен, и то же самое

верно для филлокладов. Функцию листа взял на себя стебель. В данном случае стебель содержит весь хлорофилл; он объемный и обеспечивает хранение воды.

III. Защитные позиции.

767. Во многих случаях листья расположены либо по отношению к стеблю, либо друг к другу, либо к земле таким образом, чтобы обеспечить защиту от слишком сильного излучения тепла или влаги. В уже приведенных примерах под эту рубрику подпадают покрытые бороздками листья кассиопеи, пиксидантеры, можжевельника и др. Летом у можжевельника листья расправлены, а зимой плотно прилегают друг к другу. Интересный пример защитного положения можно увидеть на примере листьев белой сосны. В довольно холодную зимнюю погоду хвоя прижата к стволу, и иногда деревья имеют поразительный вид, контрастирующий с распростертым расположением хвои летом. В ветреные зимние дни иголки поворачиваются вместе с ветром и становятся жесткими в этом положении, так что они остаются в горизонтальном положении в течение некоторого времени, часто до тех пор, пока ветер не стихнет или пока погода не станет мягче. На следующий день, если подует холодный сильный ветер с противоположного направления, хвоя снова примет подветренное направление. В тихую погоду прижатые к стеблю и имеющие форму кисти, они меньше излучают тепла, чем если бы они расходились. При сильном ветре при повороте в подветренную сторону ветер не проникает между основаниями игл и чешуйками. У некоторых растений, особенно многих из тех, что произрастают в арктических и альпийских регионах, очень короткие стебли, а листья развиваются у самой земли или на камне. Лежа вплотную к земле, они не ощущают всей силы иссушающих ветров, от них исходит меньше радиации, а излучение тепла от земли защищает их. Многие растения проявляют движение в ответ на определенные стимулы, которые ставят их в положение защиты. Некоторые из этих примеров обсуждались в разделе "раздражительность" (см. [Главу XIII](#)). Ночное положение листьев и семядолей у многих растений, но особенно у многих бобовых, вызвано отсутствием светового раздражителя в вечернее время. У многих листьев, когда устраняется влияние света, под влиянием роста листья поворачиваются книзу, а семядоли некоторых растений - вверх. При таком вертикальном положении листовой пластинки происходит меньшее излучение тепла в прохладную ночь. Наиболее яркие случаи защитных движений наблюдаются у чувствительного растения. Как мы видели, листья мимозы закрываются в вертикальном положении в полдень, если свет и жара слишком сильные. Таким образом предотвращается чрезмерное испарение. Ночью вертикальное положение предотвращает чрезмерное излучение тепла. Вертикальное или профильное положение листьев растения компас, о котором уже говорилось, не только уменьшает транспирацию, но и позволяет избежать сильной жары и света полуденного солнца. Такое положение профиля характерно для некоторых растений в засушливых регионах Австралии и для самых верхних листьев тропических лесов.

IV. Отношение листьев к свету.

768. Из нашего исследования функции листового листа совершенно очевидно, что его наиболее важным отношением к окружающей среде является то, что обеспечивает его соприкосновение со светом и воздухом. Необходимо, чтобы свет проникал в ткань листа, чтобы газы воздуха и растения могли рассеиваться и чтобы водяной пар мог выходить из листа. Тонкая расширенная листовая пластинка является наиболее экономичным и эффективным органом для обработки листьев. Мы видели, что листья реагируют на раздражитель борьбы таким образом, что их верхняя сторона обычно обращена к источнику борьбы под прямым углом к нему или почти так (*гелиотропизм*, см.

[Главу XIII](#)). Насколько полно это достигается, зависит от вида растения, а также от других элементов окружающей среды, поскольку, как мы видели в нашем исследовании защиты листьев, для некоторых растений в любом регионе и для других растений в определенных регионах существует опасность, что интенсивный свет и тепло могут повредить протопласт, или хлорофилл, или и то, и другое.

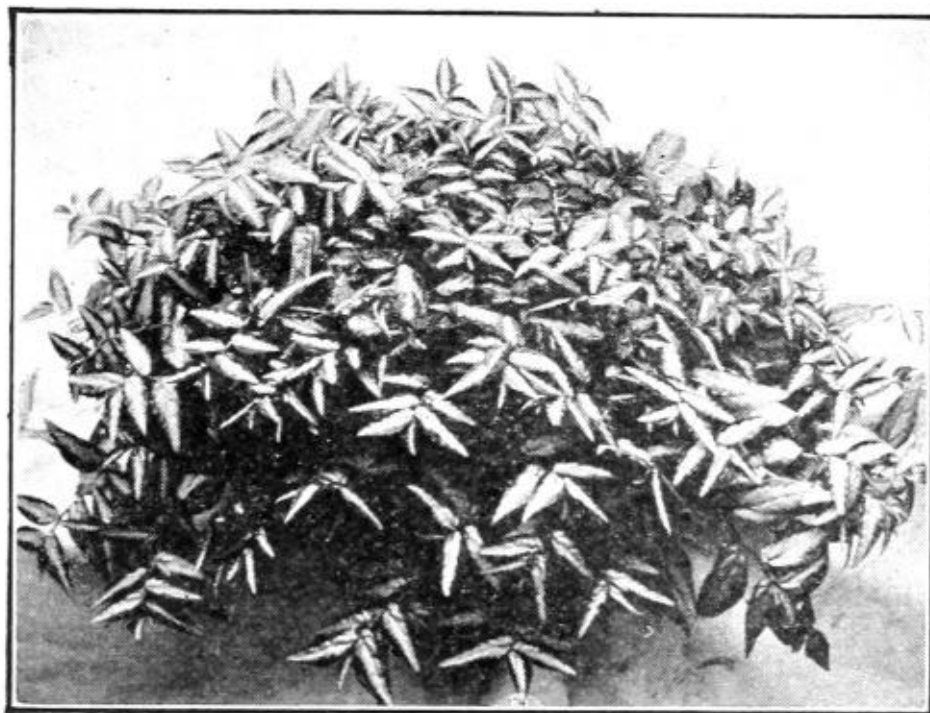


Рис. 437.

Мозаику образуют висячие побеги пестрого метельчатого растения, “ленточной травы”.

Утверждение о том, что листья обычно обращены к свету под прямым углом, следует воспринимать как обобщенное. Источник наиболее яркого освещения меняется в разные дни и, опять же, в разное время суток. В пасмурные дни зенит является источником самого яркого освещения. Горизонтальное положение листа, при котором нет мешающих боковых или верхних объектов, будет пропускать самые сильные световые лучи перпендикулярно его поверхности. Однако факт заключается в том, что листья на одном и том же стебле из-за более высоких или коротких соседних стеблей расположены так, что лучи наибольшей освещающей силы направлены под некоторым углом между зенитом и горизонтом. Таким образом, многие листья, верхняя сторона которых может быть обращена к общему источнику самого сильного освещения, не обязательно обращены к солнцу, и таким образом они защищены от возможного повреждения интенсивным светом и высокой температурой, поскольку прямые солнечные лучи по большей части направлены под углом. Это, конечно, не относится к тем листьям, которые “следуют за солнцем” в течение дня. Их специфическое строение таково, что интенсивное освещение полезно.

Лист приспособлен, насколько это возможно у различных видов с различным телосложением и в различных условиях, к определенному балансу по отношению к соответствующим факторам. Таким образом, проблема состоит в том, чтобы интерпретировать с этой точки зрения расположение и группировку листьев. Из-за специфического строения различных растений и из-за большого разнообразия условий окружающей среды мы видим, что это более или менее сложный вопрос.



Рис. 438.

Подсолнух с молодой головкой, повернутой к утреннему солнцу.

769. Противопоставление дневного и ночного положений.—У многих растений дневное и ночное положения листьев различны. Ночью листья принимают более или менее вертикальное положение, известное как положение *профиля*. Обычно это рассматривается как защитное положение, поскольку во время ночной прохлады тепловое излучение меньше, чем если бы лист находился в вертикальном положении. Однако у многих из этих растений листья, принимая ночное положение, плотно сжимаются, что также могло бы уменьшить излучение. Этой особенностью листьев в значительной степени обладают представители семейства Бобовых (клевер, горох, фасоль и т.д.), а также чувствительные растения.^[45] Но она также присуща и некоторым другим растениям (oxalis, например). Листья этих растений обычно снабжены механизмом, который позволяет им с легкостью выполнять эти движения. У основания черешка имеется подушечка (*pulvinus*) из ткани, а в случае сложных листьев - у основания верхушек и перистиков, тургор клеток которой изменяется. Разрушение клеток из-за потери воды в межклеточные пространства приводит к пониканию листа. Когда клетки восстанавливают свой тургор за счет поглощения воды из межклеточных пространств, лист поднимается в горизонтальное, или дневное, положение. Световой стимул вызывает тургор пульвинуса, исчезновение стимула сопровождается потерей тургора. Примечательным фактом является то, что у некоторых чувствительных растений интенсивные световые раздражители являются сигналами тревоги, которые приводят к такому же движению, как если бы световые раздражители были полностью устранены. Как мы знаем, контакт, давление или сотрясение также приводят к тому же результату у “чувствительных” растений, таких как мимоза, некоторые виды ежевики и т.д. У многих растений нет хорошо развитой сердцевинки, и все же листья демонстрируют схожие движения, принимая дневное и ночное положение. Примеры можно увидеть у подсолнечника и в семядолях многих растений. Небольшое наблюдение позволит любому заинтересованному открыть для себя некоторые из этих растений.^[46] В этих случаях ночное

положение обусловлено эпинастическим ростом, и хотя это влияние не устраняется в течение дня, световой стимул преодолевает его, и лист поднимается в дневное положение.



Рис. 439.

То же растение подсолнечника, сфотографированное на закате.

770. Листья, которые поворачиваются вместе с солнцем.—В период роста листья подсолнечника, а также растущий конец стебля легко реагируют на прямые солнечные лучи. Реакция настолько полная, что в солнечные дни листья ближе к растущему концу стебля сближаются в виде розетки, и вся розетка, а также конец стебля поворачиваются так, чтобы они были обращены прямо к солнцу. Утром под воздействием восходящего солнца формируется розетка, обращенная на восток. В течение всего дня, если солнце продолжает светить, листья следуют за ним, и на закате розетка обращена прямо к западному горизонту. В течение недели или более молодая головка подсолнуха также будет обращена прямо к солнцу и следовать за ним весь день так же уверенно, как розетка листьев. Наконец, незадолго до распускания цветков в головке, головка перестает поворачиваться, но розетка листьев и стебель также, в некоторой степени, продолжают поворачиваться вместе с солнцем. Когда листья созревают, они также перестают сворачиваться. Это хорошо видно на всех трех фотографиях (рис. [438-439](#)). Нижние листья на стебле, ставшие старше, приняли фиксированное горизонтальное положение, обычно характерное для растения с цилиндрической формой.



Рис. 440.

То же растение, немного старше, когда головка не поворачивается, но поворачиваются стебель и листья.

Это неправда, как принято считать, что полностью раскрывшиеся головки подсолнуха поворачиваются вместе с солнцем. Но я наблюдал, как молодые головки диаметром четыре-пять дюймов весь день поворачиваются вместе с солнцем. Это происходит потому, что растущий конец стебля, так же как и молодая головка, реагирует на световой раздражитель. Так что в распространенном поверье о том, что головка подсолнуха следует за солнцем, есть как доля правды, так и большая доля вымысла. Молодая головка будет находиться на солнце весь день, даже если срезать все листья, и растущий стебель тоже, если срезать все листья и цветочную головку. Молодые саженцы также получатся, даже если срезать семядоли и плодоножку.

Это явление вращения листьев под воздействием солнца гораздо более общее, чем можно было бы предположить, как можно видеть из небольшого внимательного наблюдения за быстро растущими растениями в яркие солнечные дни. В Алабаме я наблюдал, как красивые розетки *кассии марилендской* весь день вращаются вместе с солнцем. Особенность хлопчатника очень бросается в глаза, особенно когда ряды тянутся на север и юг. В первой половине дня это особенно бросается в глаза, поскольку весь ряд показывает листья, обращенные к солнцу. Многие из наших сорняков и обычных полевых и садовых цветов демонстрируют такое вращение листьев. Некоторые из них образуют вращающиеся розетки, в то время как у других листья вращаются независимо, как у донника.

771. Фиксированное положение старых листьев.—Во многих случаях, приведенных в предыдущем параграфе, вращение листьев происходит только в солнечные дни. В пасмурные дни листья подсолнечника, например, находятся в почти горизонтальном положении, или нижние могут быть несколько наклонены, поскольку более сильное освещение на таком растении было бы от косых лучей, а не от зенитных. По мере созревания листьев эпинастический рост также выравнивается гипонастическим ростом, так что ростовые движения приводят лист к почти горизонтальному положению или к тому

положению, в котором он получает наилучшее освещение. Таким образом, с возрастом многие листья занимают фиксированное положение, и это соответствует положению, принимаемому в пасмурные дни.

772. Расположите на горизонтальных стеблях.—На горизонтальных стеблях листья расположены горизонтально, и если такой стебель поставить вертикально, то внешний вид будет очень странным. Если лист вырастает непосредственно из горизонтального стебля, его черешок будет частично закручен, чтобы лицевая сторона листа была обращена вверх. Интересно наблюдать различное соотношение стебля, черешка и лопасти, а также степень скручивания, когда горизонтальный стебель или лоза стелется по неровностям поверхности или перелезает через другую растительность.

773. Расположение листочков на разделенных листьях.—Интересное сравнение можно провести с цельными, лопастными, разделенными и рассеченными листьями. Весь лист обычно лежит в одной плоскости, поскольку обычно проблема регулировки одинакова для всей поверхности. Таким образом, лепестки листа обычно лежат в одной плоскости, как если бы лист был целым. Мы обнаруживаем, что то же самое обычно верно и для сложного листа. Он образует незавершенную мозаику. После удаления некоторых фрагментов большая часть света проникает к нижним листьям. Листья, особенно определенного размера, редко лежат в ровной плоскости. Некоторые более или менее вдавленные. Некоторые загибаются книзу. Сложные листья часто более или менее изгибаются, а листочки часто более или менее изящно поникают. Интересно, однако, что все эти далеко отстоящие друг от друга листочки лежат в одной общей плоскости. Это происходит потому, что площадь листа, если она не слишком велика, делает проблему положения относительно света почти такой же, как если бы лист был целым. Створки или перегородки, хотя и разделены, выполнены из ламината, и они могут более эффективно работать лицом к свету. Но предположим, что мы распространим наше наблюдение на тонко рассеченные капиллярные листья некоторых видов семейства петрушковых (*Umbelliferae*) или на верхние листья длиннолистного фенхеля (*Eupatorium foeniculaceum*) среди воздушных растений и на *Myriophyllum* среди водных растений. Деления нитевидные или цилиндрические. Одна сторона листовки так же эффективна, когда ее демонстрируют свету, как и другая. В результате листочки располагаются не в одной плоскости, а выделяются во многих направлениях.

Иногда можно обнаружить разделенный или составной лист в таком положении, что одна часть из-за того, что она затенена сверху, получает более сильный световой стимул сбоку, в то время как другая часть освещена сверху. Если это соотношение сохраняется в течение всего периода роста листа, то листочки одной части могут располагаться в плоскости, отличной от плоскости другой части. В таких случаях некоторые листочки постоянно скручивают, чтобы привести их в надлежащее положение при освещении.

V. Узоры листьев.

МОЗАИКИ ИЛИ БЛИЗКИЕ УЗОРЫ.

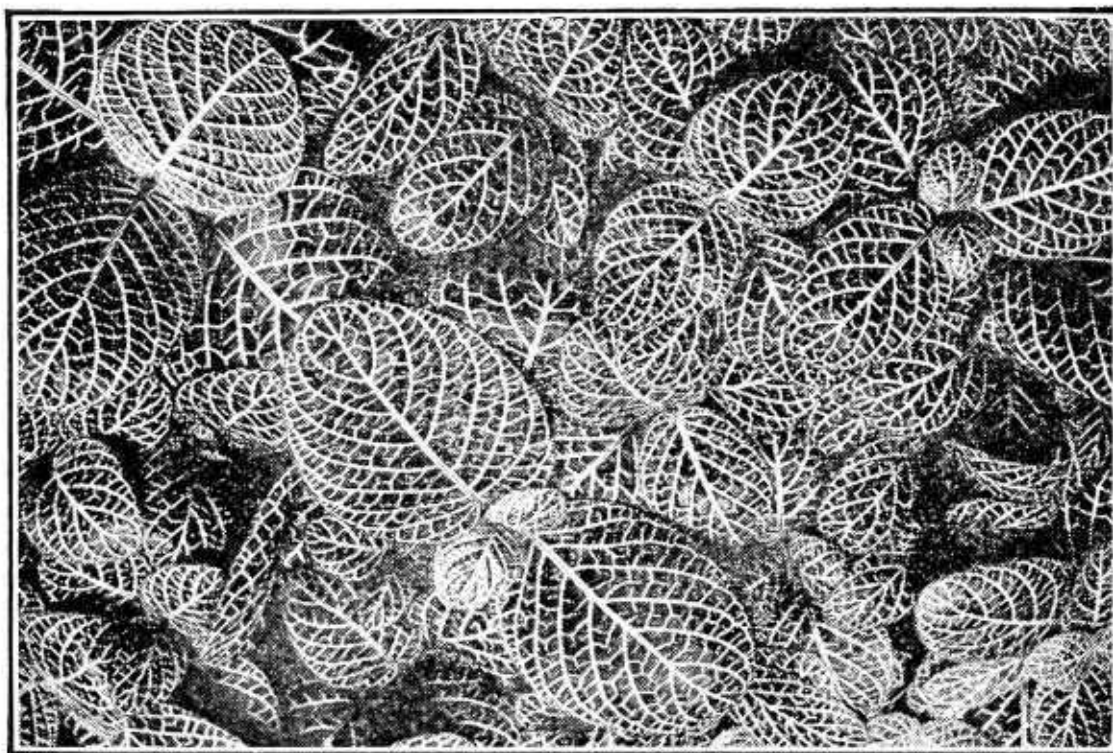


Рис. 441.

Фиттония с листьями, расположенными в виде компактной мозаики. Сетчатое жилкование листа у этого растения очень отчетливо проявляется. (Фото автора.)

774. Там, где листья растения или части растения расположены приблизительно и в виде узора, при этом листья прилегают друг к другу, образуя более или менее ровную и непрерывную поверхность, такие узоры иногда называют “мозаикой”, поскольку отношение листьев друг к другу примерно такое же, как отношение частей мозаики. Хорошую иллюстрацию мозаики представляет тепличное растение Фиттония ([рис. 441](#)). Стебли распростерты, а прямостоячие ветви довольно короткие, но за счет раскидистых побегов они могут иметь довольно широкую систему; ветви такой длины, что все листья, находящиеся ближе к кончикам, прилегают друг к другу, образуя широкую поверхность листьев, часто настолько плотно прилегающих друг к другу, что стеблей не видно. Преимущество мозаики перед отдельным расположением листьев на нескольких разных уровнях заключается в том, что листья не затеняют друг друга. Если бы все световые лучи падали под прямым углом к листьям, нижние не были бы затенены, но косые лучи света были бы отрезаны от многих листьев. В случае мозаики все лучи света играют на всех листьях. Некоторые из мозаик, которые можно наблюдать, следующие:

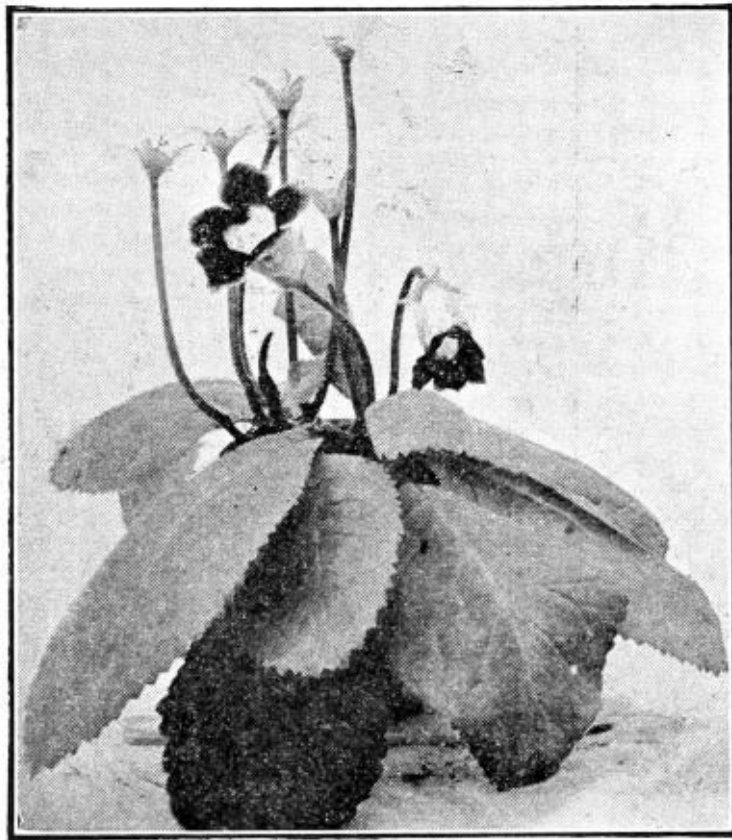


Рис. 442.
Розеточный узор листьев.

775. Узор в виде розетки.— Розеточный рисунок представлен многими растениями с “радиальными” листьями, или листьями, которые растут в виде грозди у поверхности земли и, таким образом, более или менее плотно расположены на стебле. Красивая глоксиния часто представляет собой прекрасные примеры рыхлой розетки. При розеточном рисунке черешки нижних листьев длиннее верхних, и, таким образом, лопасть выходит за пределы внутренних листьев. Листья, настолько плотно прилегающие к стеблю, лежат почти в одной плоскости.

776. Виноградные лозы и вьющиеся растения.—Некоторые из наиболее обширных мозаичных узоров показаны на ползучих и вьющихся лозах. Очень распространенным примером является плющ, вьющийся по стенам зданий, покрывая в некоторых случаях многие квадратные ярды поверхности. Там, где виноградные лозы стелются по земле или карабкаются по другой растительности, интересно наблюдать различные узоры и искривление черешков, вызванное переворачиванием листьев. Из примеров, встречающихся в теплицах, превосходна пеллония, а стелющаяся ленточная трава часто образует рыхлую мозаику.

777. Шаблоны ответвлений.—Эти шаблоны очень распространены. Они часто образуются в лесу на концах ветвей из-за того, что листья подстраиваются друг под друга таким образом, чтобы в значительной степени не затенять друг друга. [На рисунке 443](#) изображен один из них, сделанный из кленовой ветки. Интересно отметить, как листья вписываются в рисунок, как у одних черешки удлинились, в то время как у других остались короткими. Конечно, следует понимать, что узор делается в период роста листьев.

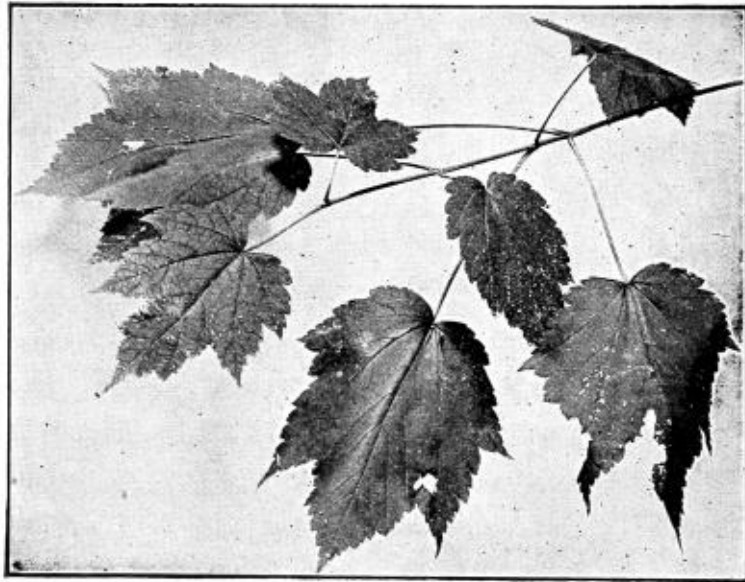


Рис. 443.

Рисунок листьев полосатого клена, показывающий разную длину черешков.

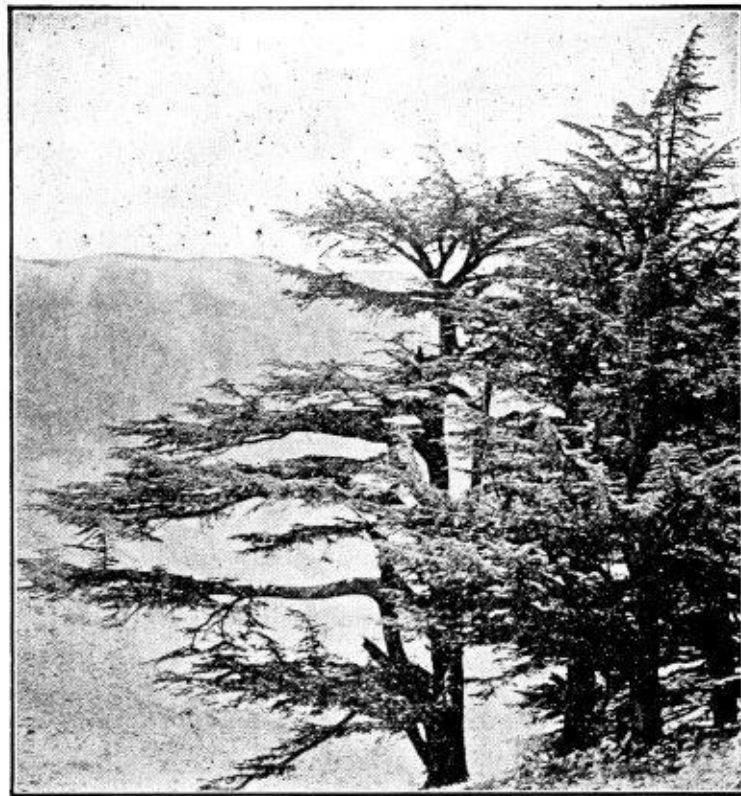


Рис. 444.

Ливанский кедр, сильный свет только с одной стороны дерева (Сирия).

778. Рисунок дерева.—Мозаики часто образуются внешней листвой на дереве, хотя они редко бывают такими правильными, как некоторые из упомянутых выше. Тем не менее, на некоторых деревьях с поникающими ветвями, таких как вяз, часто можно увидеть красивые и крупные мозаики. Плакучий вяз иногда образует очень плотный и довольно ровный узор по всей внешней поверхности. У большинства деревьев расположение листьев не такое, чтобы образовывать крупные узоры, но более или менее открытое. Хотя хвойные деревья не образуют мозаики, есть много интересных примеров группировки листвы на системах

ветвей в широко разросшиеся области, как это видно на ветвях белой сосны, особенно на опушке леса, или как это видно на древовидных растениях.

ДРУГИЕ ШАБЛОНЫ.

779. Узорчатый узор коротких стеблей.—Этот узор довольно распространен и отличается от розетки тем, что листья расположены дальше друг от друга на стебле, так что центральные расположены значительно выше, чем в мозаике. Нижние черешки длиннее, как у розетки, так что наружные нижние листья выступают еще дальше. На некоторых бегониях видны тонкие бороздчатые узоры.



Рис. 445.

Бороздчатый рисунок листьев; Бегония.

780. Спиральные узоры.—Они очень распространены на стеблях цилиндрического типа, которые не разветвлены или имеют небольшие разветвления. Примерами могут служить подсолнечник, коровяк, хризантема, выращиваемая в теплицах, пасхальная лилия и т.д. Спиральное расположение листьев обеспечивает то, что каждый последующий лист на стебле, когда человек поднимается по стеблю, немного отклоняется в сторону, чтобы он не отбрасывал тень на лист чуть ниже. У некоторых стеблей, в соответствии с расположением листьев (или филлотаксией), нужно пройти несколько раз по стеблю, поднимаясь вверх, прежде чем один лист окажется непосредственно над другим, который будет на таком расстоянии ниже, что он не будет затенен в заметной степени. Интересные наблюдения можно провести на разных растениях, чтобы выяснить отношение расстояния между листьями на стебле к длине верхних и нижних листьев; количество вертикальных рядов на стебле по сравнению с шириной листьев; и связь этих фактов с проблемой обеспечения светом. Спиральный узор связан с прямыми стеблями с противоположными листьями. Здесь каждая пара расположена под прямым углом к направлению пары выше или ниже.



Рис. 446.

Пальма демонстрирует лучеобразное расположение листьев, а черешок листа выполняет функцию стебля, поднимая лист к свету.

781. Лучистый рисунок.—Этот рисунок присутствует у многих трав и родственных растений с узкими листьями и короткими стеблями. Листья часто очень густые у основания, но благодаря тому, что они расходятся во всех направлениях от горизонтали к вертикали, достигается обильное освещение при небольшом затенении. Винтовая сосна драконова и растения, выращиваемые в теплицах, также иллюстрируют этот тип. Это также видно на саговниках, пальмах и многих папоротниках, хотя у них отдельные листья.

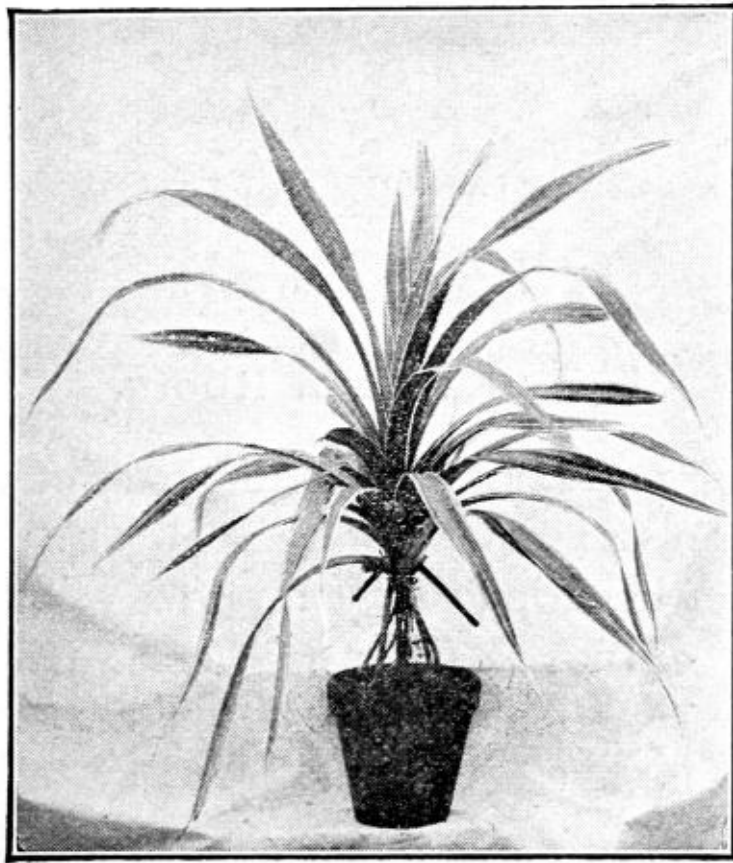


Рис. 447.

Сосна винтовая (*Pandanus*) с подпирающими корнями и радиальным рисунком листьев.

782. Компасные растения.—Эти растения с вертикальным расположением листьев и воздействием боковых лучей света на обе поверхности упоминались в других разделах (*Lactuca scariola*).

783. Открытые узоры.—Открытые узоры представлены разделенными или “разветвленными” листьями. Там, где листья очень мелко рассечены, они могут быть собраны в большом количестве и при этом пропускать достаточно света на некоторую глубину под ними. Там, где листочки шире, их, вероятно, меньше, и расположены они так, чтобы пропускать свет на большую глубину, так что следующие друг за другом листья внизу на одном и том же или соседних стеблях не могут быть слишком сильно затенены. У таких растений часто листья, лежащие рядом с землей, цельные или менее разделенные.

ГЛАВА ХLI. КОРЕНЬ.

I. Функция корней.

784. Наиболее очевидными функциями корней обычных растений являются две: 1-я - обеспечение опоры и частичной поддержки, и 2-я - поглощение жидких питательных веществ из почвы. Таким образом, экологическая связь таких корней, в широком смысле, связана с почвой. Совершенно очевидно, что у некоторых растений корень выполняет обе функции, в то время как у других растений корень может выполнять только одно из этих требований.

Проблемами, которые завод должен решить при разработке этих отношений, являются:

- (1) Проникновение в почву или субстрат.
- (2) Захват субстрата.
- (3) Благоприятная влажность или водное соотношение.
- (4) Распространение корней с целью достижения почвы, богатой продуктами питания.
- (5) Воздействие на поверхность для впитывания.
- (6) Обновление нежных структур для впитывания.
- (7) Помощь в приготовлении пищи из сырья.
- (8) Поддержание требуемого баланса между окружающей средой

в целом и растущие или изменяющиеся требования предприятия.

785. (1) Проникновение в почву или субстрат. Фундаментальное расхождение в характере взаимоотношений корня и стебля с окружающей средой проявляется, как только они появляются из прорастающего семени. Под влиянием того же стимула (*гравитации*) корень проявляет свой геотропный характер, разрастаясь вниз, в то время как геотропный характер стебля проявляется в его росте вверх.

Среда, в которую должен проникать корень, оказывает значительное сопротивление, и форма корня, а также способ его роста адаптированы для преодоления этой трудности. Тонкий, конический, проникающий кончик корня прокладывает себе путь между мельчайшими частицами почвы или в мельчайшие расщелины породы, в то время как нутация корня позволяет ему искать точки наименьшего сопротивления. Когда кончики корней проникают в почву, более старые части корня продолжают это клиновидное действие, увеличиваясь в диаметре, хотя, конечно, удлинения старых частей корня не происходит. Это расширяющийся рост сужающегося корня, который производит клиновидное действие. Трещины в скале иногда расширяются, но сопротивление здесь настолько велико, что корень часто сильно сплющивается.

786. (2) Захват субстрата.—Простое проникновение одного корня в почву дает ему некоторое сцепление с почвой и оказывает некоторое сопротивление "вытягиванию", поскольку он вклинился внутрь, а контакт частиц почвы создает сопротивление. Корневые волоски, образующиеся на первом входящем корне, растут в большом количестве сбоку и очень плотно прилегают к частицам почвы, что значительно увеличивает удержание растения в почве, в чем легко убедиться, вытянув молодой саженец. Вскоре образуются боковые корни, и по мере того, как они продолжают расширяться и разветвляться во всех направлениях, удержание увеличивается до тех пор, пока у некоторых более крупных

растений сопротивление, которое они могли бы оказать, не достигнет многих тонн. Даже у некоторых небольших кустарников и трав сопротивление значительно, что можно легко проверить, потянув за него рукой. Чтобы получить некоторое представление о степени сопротивления корней этих небольших растений, их можно проверить, потянув за обычные пружинные весы.

787. (3) Благоприятная влажность или водное соотношение.—Как правило, корни стремятся к тем участкам почвы, которые снабжены небольшим количеством влаги. Обычно подходящие условия увлажнения присутствуют в тех участках почвы, которые содержат растительную пищу. Но если участки почвы слишком сухие и находятся совсем рядом с другими участками, содержащими влагу, корни прорастают в основном во влажный субстрат (*гидротропизм*). Если почва слишком влажная, корни отходят от нее в почву с меньшим количеством воды или в некоторых случаях будут расти до поверхности почвы.

Корни нуждаются в *аэрации*, а там, где запас воды слишком велик, воздух не поступает, и мы знаем, что кукуруза, пшеница и многие другие растения становятся “болезненными” на низкой и неосушенной почве во влажные сезоны. Это можно сказать только в случае наших обычных растений на суше, то есть тех, которые занимают промежуточное положение между *влаголюбивыми* растениями и *растениями*, выращиваемыми в сухом климате. Эта фаза исследования должна быть зарезервирована для особого лечения. (См. [Главу XLVI](#).)

788. (4) Распространение корней с целью достижения почвы, богатой продуктами питания.— Это одно из существенных соотношений корней в случае наземного растения и, вероятно, объясняет очень обширное разветвление корней. В некоторой степени это также объясняет различные корневые системы у некоторых растений. Сосны, ели и т.д. Обычно растут в регионах, где почва очень неглубокая. Корневая система не уходит глубоко в почву. Он распространяется в боковом направлении и широко распространяется по неглубокой поверхности почвы и представляет собой совершенно иной вид, чем система стеблей в воздухе. Корневая система широколиственных деревьев обычно уходит более глубоко в почву, при этом, конечно, простираясь в поперечном направлении на большие расстояния. У гикори, грецкого ореха и др. особенно сильные стержневые корни, которые уходят глубоко в почву, и корневая система такого дерева более сопоставима по внешнему виду, если бы она была полностью раскрыта, с системой стволов на воздухе. Стержневой корень у одних деревьев более выражен, чем у других. Возможно, у гикори и грецкого ореха глубокий стержневой корень важен для снабжения дерева водой в засушливые сезоны, особенно при выращивании на сухой, щебнистой почве, которая не удерживает влагу на поверхности и не удерживает ее в пределах двух-трех футов от поверхности. Эксперимент по выращиванию растений в горшках показал, что там, где почва, богатая растительной пищей, соседствует с бедной почвой, независимо от того, в какой части горшка находится богатая почва, наибольший рост и разветвление корней происходит в богатой почве.

789. (5) Воздействие на поверхность корня для впитывания.— Основная часть поглощения корнем происходит в молодом корне и корневых волосках, растущих вблизи кончика корня. Кончики корней и корневые волоски в их отношении к корневым системам, на которых они произрастают, морфологически не следует сравнивать с листьями и системой стеблей. Но кончики корней и волоски являются поглощающими органами корней, в то время как основная корневая система поддерживает их, связывает с почвой и влагой и доставляет к ним пищу и другие вещества. Одним из важных соотношений листа является отношение к свету, а поскольку источник света ограничен, т. е. Он не является одинаково сильным со всех сторон, расширенная и тонкая листовая пластинка более эффективна, чем равный расход растительного материала в виде нитевидных выростов. Однако с растительной пищей, растворенной в почвенной воде, дело обстоит иначе. Она

одинаково доступна со всех сторон. При том же расходовании материала создается большая поверхность для поглощения за счет увеличения органов и уменьшения их размеров. Многочисленные тонкие корневые волоски обеспечивают большую впитывающую поверхность, чем если бы такое же количество материала было собрано в листовидные разрастания. Есть и еще одно важное преимущество. Его тонкие корни и нитевидные корневые волоски обеспечивают большую свободу циркуляции воды, пищевых растворов и воздуха, чем если бы поглощающие органы корней были широко разросшимися.

790. (6) Обновление нежных структур для впитывания.—Нежные корневые волоски легко травмируются. Тонкие клеточные стенки, через которые проходят пищевые растворы, более или менее закупориваются из-за постепенного отложения веществ из раствора в воде, а продолжающийся рост корня в диаметре формирует более упругий эпидермис и кортекс, через которые с трудом проходят растворы, поглощаемые корневыми волосками. По этой причине на растущей верхушке корня постоянно образуются новые корневые волоски в течение всего вегетационного периода, а в случае многолетних растений - в течение каждого сезона их роста.

791. (7) Помощь в приготовлении пищи из сырья.—Для большинства растений пища, полученная из почвы, уже растворена в почвенной воде. Но есть определенные вещества (например, некоторые химические соединения калия, фосфорная кислота и т.д.), которые нерастворимы в воде. Определенные кислоты, выделяемые корнями, помогают сделать эти вещества растворимыми (см. [Главу III](#)). У ряда растений корни стали ассоциироваться с грибковыми или бактериальными организмами, которые помогают в производстве азотистых пищевых веществ или даже в поглощении обычного пищевого раствора из почвы или в использовании разлагающегося гумуса леса (см. [Главу IX](#)).

792. (8) Поддержание требуемого баланса между окружающей средой и растущими или изменяющимися требованиями предприятия.—В этом деле участвует все растение. Здесь упоминается только общее отношение, которое корень поддерживает к окружающей среде, и повышенная нагрузка, оказываемая на него побегом. Рост корневой системы идет в ногу с увеличением размера системы стеблей. Корни становятся сильнее, их разветвления шире, а количество поглощающих корешков увеличивается. Иногда предлагается наблюдение, что корреляция между корневой системой растения и формой системы стеблей и положением листьев имеет такую природу, что у растений с системой стержневых корней листья расположены таким образом, чтобы вода стекала к центру системы, в то время как у растений с системой волокнистых корней листья расположены таким образом, чтобы вода стекала наружу. В подтверждение этого обращаем внимание на лучевой тип листовой системы одуванчика, свеклы и др. Во-вторых, заостренный тип, проявляющийся у широколиственных деревьев, в перекрывающихся системах ветвей многих сосен и т.д. Следует, однако, отметить, что у первого сорта листья часто расположены таким образом, чтобы проливать столько воды наружу, сколько внутрь. Что касается последнего класса, необходим эксперимент, чтобы определить, верны ли эти эмпирические наблюдения, по следующим причинам: 1. Распределение корней и листьев регулируется другими, более важными законами, на корень влияет расположение питательных веществ в почве, которая обычно образует очень тонкий слой, в то время как на побег и лист в основном влияет свет, а распределение корней в боковом направлении намного шире, чем у ветвей. 2. При небольших дождях поверхность листьев задерживает практически весь дождь, который затем испаряется в воздух и теряется корневой системой. 3. При сильных и продолжительных дождях вода проникает через листовую систему до такой степени, что корни под деревом будут снабжаться так же хорошо, как и снаружи, а поскольку земля снаружи в любом случае насыщена, корни не нуждаются в небольшом количестве дополнительной воды, которая могла попасть наружу. в-четвертых, там, где растения

остаются нетронутыми (за исключением редких случаев), они имеют обыкновение расти более или менее плотными образованиями или сообществами. Здесь нет возможности для сколько-нибудь заметного центробежного распределения осадков, и все же распределение корней практически такое же, за исключением того, что корневые системы соседних растений переплетены.

II. Виды корней.

793. Корневая система.—Из вышесказанного следует, что корни растения, взятые вместе, образуют *корневую систему* этого растения. У почвенных корней в целом мы обычно различаем два вида корневых систем.

794. Волокнистая корневая система.—Корни, состоящие из многочисленных тонких ветвящихся корешков, напоминающих “волокна”, называются *волокнуистыми*, или говорят, что растение имеет *волокнуистую корневую систему*. Бобы, кукуруза, большинство трав и многие другие растения имеют волокнуистую корневую систему.

795. Система стержневых корней.—Растения с узнаваемым центральным стержневидным корнем, более или менее утолщенным и значительно более толстым, чем боковые корни, как говорят, имеют *стержневые корни* или у них есть *стержневая корневая система*. Примерами могут служить одуванчик, свекла, морковь (см. Корончатый клубень). У гикори, грецкого ореха и некоторых других деревьев в молодом возрасте очень заметны стержневые корни. Стержневой корень сохраняется и в пожилом возрасте, но боковые корни часто в конце концов становятся такими же большими, как стержневой корень. Помимо стержневых и волокнуистых корней, к которым относится большее количество, необходимо перечислить несколько других видов корней.

796. Воздушные корни.—Воздушные корни наиболее обильно развиты у некоторых тропических растений, особенно у орхидей и ароидных. Многие образцы этих растений выращиваются в оранжереях. В этих тропических регионах количество влаги настолько велико, что корни в изобилии снабжаются ею без учета почвы. Некоторые корни свободно висят в воздухе и снабжены специальной оболочкой из губчатой ткани, называемой *веламеном*, через которую влага впитывается из воздуха. Другие корни прикрепляются к стволу или ветвям дерева, на котором растет орхидея, и служат опорой для *эпифита*, как часто называют такие растения. Среди переплетения этих цепляющихся корней задерживаются опадающие листья. Здесь они разлагаются, и питательные корни прорастают из цепляющихся корней в эту массу гниющих листьев и обеспечивают часть растительной пищи. Воздушные корни иногда содержат хлорофилл.

Однако в регионах с умеренным климатом есть ряд растений с воздушными корнями. В основном они используются для поддержки стебля, когда он взбирается на деревья или стены. Их иногда называют цепляющимися корнями. Распространенным примером является вьющийся ядовитый плющ (*Rhus radicans*), трубчатая лиана и др. Такие воздушные корни называются *придаточными* корнями.

797. Закрепляющие корни, или подпорные корни.—Они развиваются у большого разнообразия растений и служат для подпорки растения там, где волокнуистой корневой системы недостаточно для поддержки тяжелой побеговой системы, или побеговая система разветвляется так широко, что для удержания ветвей необходимы подпорки. У обыкновенной индийской кукурузы несколько витков скрепляющих корней возникают из узлов вблизи земли и тянутся наружу и вниз к земле, хотя верхним виткам не всегда удается достичь земли. Сосна винтовая, столь распространенная в теплицах, является прекрасным примером подпорных корней. Корни довольно крупные и длинные прежде чем корень

достигнет почвы, бросается в глаза большая корневая шляпка. Индийский баньян - классический пример подпорных корней для поддержки широко раскидистых ветвей. Мангровые заросли в наших субтропических лесах Флориды - более близкий пример.



Рис. 448.

Укрепляющие корни индийской кукурузы.

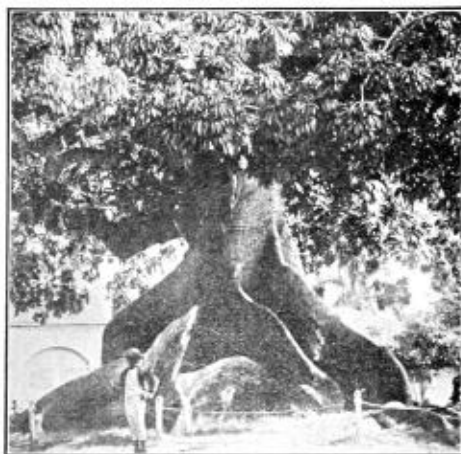


Рис. 449.

Контрфорсы из шелково-хлопкового дерева, Нассау.

798. Контрфорсы образуются на стыке корня и ствола и, следовательно, являются частью корня и частью стебля. Великолепные примеры контрфорсов образуются на шелковисто-хлопковом дереве. Иногда они образуются на вязе и других деревьях в низких заболоченных местах.

799. Мясистые корни, или корневые клубни.— Это разрастания корня в виде клубней, как у батата, георгина и т.д. Это резервуары для хранения пищи. Части корнеплодов становятся толстыми и мясистыми и содержат большое количество сахара, как в сладком картофеле, или *инулина* (углевода), содержащегося в корневых клубнях георгина и других составных продуктах.

800. Вода -корни и корнеплоды водных растений.— Это корни, которые развиваются в воде или в почве. Водные корни иногда образуются на наземных растениях, где корень соприкасается с водоемом или ручьем. У водных корней обычно нет корневых волосков или их всего несколько, в чем можно убедиться, сравнив водные корни с почвенными или сравнив корни растений, выращенных в водных культурах. Большее количество воды,

контактирующей с корнем, и более нежный эпидермис корня делают корневые волоски менее необходимыми. Утконосы (*Lemna*) являются хорошими примерами растений, имеющих только водные корни. Другие водные растения, такие как потамогетоны и др., имеют настоящие корни, которые вырастают в почву и служат для закрепления растения, но они не развиты как особые органы поглощения, поскольку стебель и листья в основном выполняют эту функцию.

801. Опоры.— Это органы для крепления, которые не являются настоящими корнями. Они особенно хорошо развиты у некоторых водорослей (фукус, ламинария и др.). Обычно их называют *стойкими*. Более крупные водоросли служат главным образом для закрепления растения. Они не функционируют как поглощающие органы, и их структура отличается от структуры настоящих корней.

802. Гаустории или присоски - это название, применяемое к другому виду защиты, используемой паразитическими растениями. У повилики гаусторий проникает в ткани *хозяина* (растения, на котором растет паразит) и, помимо обеспечения средства прикрепления, служит поглощающим органом, с помощью которого паразит поглощает пищу у своего хозяина. Паразитические грибы, такие как мучнистая роса, которые растут на поверхности их хозяев, имеют простые гаустории, которые служат одновременно органами прикрепления и поглощения, в то время как у ржавчин, которые растут внутри их хозяев, гаустории являются просто органами поглощения.

803. Корешки, или ризоиды.— Многие водоросли, печеночники и мхи имеют тонкие, похожие на волосы органы прикрепления и всасывания. У этих растений нет настоящих корней. Из-за тонкой формы и небольшого размера этих органов их называют *ризоидами*, или *корешками*. По форме многие из них напоминают корневые волоски высших растений.

ГЛАВА XLII. ЦВЕТОЧНЫЙ ПОБЕГ.

I. Части цветка.

Часть стебля, на котором растут цветы, является *цветочным* побегом или остью, или, взятая вместе с цветами, она известна как *Цветочная гроздь*.

804. Цветок. Цветок лучше всего понять при осмотре, сначала одного из видов, известных как “полноценный” цветок, например, лютика, весенней красавицы, кровавого корня, яблока, розы и т.д.

В законченном цветке есть два набора органов или элементов: (1) цветочная оболочка; (2) существенные или необходимые элементы или органы.

Цветочная оболочка в готовом виде состоит из: 1—й - внешней оболочки, *чашечки*, состоящей из нескольких листовидных структур (*чашелистиков*), очень часто содержащих хлорофилл, который обволакивает все остальные части цветка в бутоне; 2-й - внутренней оболочки, *венчика*, также состоящего из нескольких листовидных частей (*лепестков*), обычно яркого цвета и крупнее чашелистиков. Внешняя и внутренняя цветочные оболочки обычно состоят из мутовок (хотя у многих представителей семейства лютиковых и др. Они образуют тесные спирали) и по причинам, обсуждаемым в другом месте ([глава XXXIV](#)), представляют собой листья. Основные или обязательные элементы цветка также обычно находятся в мутовках и также представляют собой листья, но только в редких случаях по их форме или цвету можно предположить, что они связаны с листьями. Эти элементы бывают двух видов: (1) Наружные, или *андриоциум*, состоящий из нескольких или многих частей (*тычинок*).; (2) внутренний набор, *гинциум*, состоящий из нескольких или многих частей (*плодолистиков*).

805. Назначение цветка.— В то время как конечной целью всех растений является производство семян или их эквивалента, с помощью которых растение получает распространение и сохранение, цветок является специализированной частью семенного растения, которая использует пищу и энергию, вносимые другими членами растительной организации для производства семян. В дополнение к этому существуют определенные функции, выполняемые членами “цветка”, которые подпадают под общую рубрику “Работа с растениями”, или “Работа с цветами”.

806. Чашечка, или чашелистики.— Они в основном защитные, обеспечивая защиту молодым тычинкам и плодолистикам в бутоне цветка. Там, где венчик отсутствует, обычно присутствуют чашелистики, которые затем выполняют функцию лепестков. В некоторых случаях чашечка, возможно, в конечном итоге присоединится к образованию плода (примеры: маслята, грецкий орех, гикори).

807. Венчик, или лепестки. Лепестки частично служат защитой в бутоне, но их главная функция там, где она хорошо развита, по—видимому, заключается в привлечении насекомых, которые, посещая цветок, способствуют “опылению”, особенно “*перекрестному опылению*”.

808. Тычинки. Тычинки (= микроспорофиллы) являются цветочными органами для производства *пыльцы*, или *пыльцевых спор* (= микроспор). *Ножка* (не всегда присутствующая) является *нитью накала*, *пыльник* опирается на нить накала, когда последняя присутствует. Пыльник состоит из *пыльцевых мешочков* или *пыльцевых мешочков* (микроспорангий), содержащих пыльцевые споры, и *соединительной* стерильной ткани,

лежащей между пыльниковым мешком и поддерживающей его. Тычинки обычно раздельные, но иногда они объединены своими нитями или пыльниками. Когда пыльца созревает, они раскрываются щелями или порами, и пыльца рассеивается; или, в более редких случаях, масса пыльцы (*поллиний*) удаляется с помощью насекомых ([см. Опыление насекомыми, гл. XLIII](#)).

809. Пестик. Пестик состоит из “завязи”, *початка* (присутствует не всегда) и *рыльца*. Это хорошо видно на *простом пестике*, распространенные примеры которого можно найти в лютике, болотных ноготках, горохе, фасоли и т.д. Простой пестик эквивалентен *плодолистiku* (= макроспорофиллу), в то время как *сложный пестик* состоит из двух или нескольких соединенных плодолистиков, как у зубочистки, триллиума, лилии и др. *Завязь* - это увеличенная часть, которая снизу прикреплена к цветоносу и содержит внутри *семяпочки*. *Фасон*, когда он присутствует, представляет собой небольшое удлинение верхнего конца завязи. *Клеймо* наносится на конец начертания, когда оно присутствует. Он часто находится на головчатом расширении завязи или простирается вниз с одной стороны, или, когда завязь отсутствует, он обычно располагается непосредственно на верхнем конце завязи. Поверхность рыльца клейкая, или “липкая”, и служит для удержания спор пыльцы, когда они соприкасаются с ней.

The *Семяпочки* находятся внутри завязи и расположены у разных растений по-разному. Пыльцевое зерно (или, лучше, пыльцевая спора = микроспора) после того, как оно было перенесено на рыльце, “прорастает”, и пыльцевая трубка прорастает вниз через ткань рыльца и язычка или проходит по язычковому каналу, пока не достигнет семяпочки. Здесь он обычно проникает в семяпочку (макроспорангий) через *микропил* (у некоторых аментоносных растений он проникает через *халазу*), и сперматозоиды опорожняются в зародышевый мешок внутри семяпочки.

810. Оплодотворение.—Один из сперматозоидов соединяется с яйцеклеткой в эмбриональном мешке. Это *оплодотворение*, и из оплодотворенной яйцеклетки формируется молодой эмбрион, все еще находящийся внутри яйцеклетки. *Двойное оплодотворение*, — другой сперматозоид иногда соединяется с одним или обоими “полярными” ядрами, которые объединились, образуя “дефинитивное” ядро, или “эндосперм”. В результате оплодотворения внутри семяпочки образуется зародыш растения, оболочки которого увеличиваются по мере роста, образуя семенные оболочки и в целом формируя семя. (См. [Главы XXXIV, XXXV, XXXVI](#).)

II. Виды цветов.

811. Отсутствие определенных частей цветка.— *Полный* цветок содержит все четыре серии деталей. Когда не хватает какой-либо одной из частей ряда, говорят, что цветок *неполный*. Там, где присутствует только одна серия цветочных оболочек, цветки называются *апеталоидными* (лепестки отсутствуют), примеры: вяз, гречиха и т.д. Цветки, у которых отсутствуют обе цветочные оболочки, *голые*. Когда пестики отсутствуют, но тычинки присутствуют, цветки *тычиночные*, независимо от того, присутствуют цветочные оболочки или нет; и поэтому, когда тычинки отсутствуют, а пестики присутствуют, цветок *пестичный*. Если отсутствуют как тычинки, так и пестики, цветок считается *стерильным* или *нейтральным* (снежный ком, краевые или эффектные цветки у гортензии). Цветы как с тычинками, так и с пестиками, независимо от того, имеют они цветочные оболочки или нет, являются *совершенными* (или гермафродитными), поэтому, если присутствует только один из этих наборов *основных органов* цветка, он *несовершенный* или *двулистный*. Иногда несовершенные, или двулистные, цветки находятся на одном и том же растении, и говорят, что растение *одноцветное* (из одного семейства). Когда тычиночные цветки находятся на

определенных отдельных растениях, а пестичные цветки того же вида - на других особях, растение *разное* (или принадлежит к двум семействам). Когда некоторые цветки растения двулистные, а другие идеальные, их называют *полигамными*.

Многие из этих вариаций, связанных с наличием или отсутствием цветочных частей, так или иначе способствуют хорошему самочувствию растения. Некоторые указывают на разделение труда; так, у нейтральных цветов некоторых видов гортензии или калины эффектные лепестки служат для привлечения насекомых, которые помогают в опылении плодоносящих цветов. Однако не следует понимать, что все вариации у растений, приводящие к появлению новых или отличающихся форм цветков, идут на благо вида. Например, при выращивании цветы калины и гортензии иногда все нейтральные и эффектные. Хотя такие вариации иногда способствуют счастью человека, растение утратило способность давать ростки. У двудольных цветков необходимо перекрестное опыление.

812. Форма цветка.—Цветок в целом имеет *форму*. Это настолько характерно, что в целом все цветки разных особей одного вида имеют одинаковую форму, хотя они могут различаться по размеру. Как правило, цветки близкородственных растений разных видов имеют одинаковый тип по форме, так что часто только по форме цветка мы можем увидеть родство видов, хотя форма цветка не является самым важным и не всегда является верным показателем родства. Поскольку многие цветы напоминают определенные знакомые объекты, часто используются названия, относящиеся к этим объектам.

Говорят, что цветы *правильные* или *неправильные*. У обычного цветка все части набора или серии имеют одинаковую форму и размер, в то время как у неправильных цветов части в некоторых наборах имеют разную форму или размер. Цветки семейства гороховых (*Papilionaceae*), семейства мятных (*Labiatae*), ипомеи, живокости, аконита и др. неправильной формы ([рис. 450](#)). Венчик обычно придает цветку характерную форму, и название обычно применяется к форме венчика.

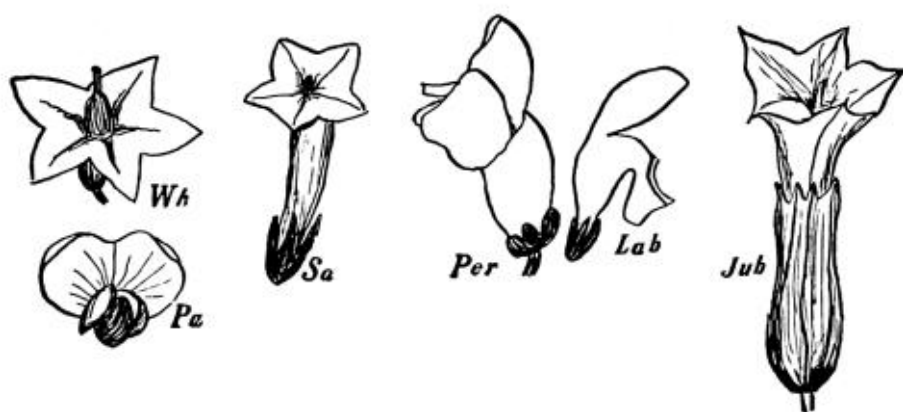


Рис. 450.

Несколько форм цветов. Обычные цветы. *wh*, венчик в форме колеса; *sa*, подносообразный; *кадка*, трубчатая. Цветки неправильной формы. *па*, бабочка или сосочковидный; *на*, самостоятельный или маскированный цветок; *лабораторный*, зияющий или кольчатый венчик. Два последних называются двустворчатыми цветками.

Некоторые из различных форм имеют колесовидную форму или *вращающийся* венчик, когда лепестки раскрываются одновременно, как спицы колеса, как у картофеля, помидора или горько-сладкого; *подносообразную форму*, когда лепестки раскрываются под прямым углом от конца трубки венчика, как у флокса; *колокольчатую* или *колокольчатую*, как у колокольчика или колокольчатой кампанулы; *воронкообразную*, как у ипомеи; *трубчатую*, когда концы лепестков практически не расходятся от конца трубки венчика, как у цветка

репы или у дисковых соцветий композитов. *Бабочка*, или *сосочковый* венчик, своеобразен, как у гороха или фасоли. Верхний лепесток - это “знамя”, два боковых - “крылья”, а два нижних - “киль”.

The *Губчатый* венчик характерен для семейства мятных, где гамозепалозный венчик разделен неравномерно, так что две верхние доли резко отделены от трех нижних, образуя две “губы”. Губчатый венчик жабьего льна, или львиного зева, *персонифицирован*, или *замаскирован*, потому что нижняя губа выгибается вверх, как небо, и закрывает вход в трубку венчика; у мертвой крапивы (*Lamium*) *кольцевидный* или *зияющий*, потому что губы широко разведены в стороны. У некоторых растений губчатый венчик не очень выражен и лишь незначительно отличается от правильной формы.

The *Язычковый* или *лентовидный* венчик характерен для цветков одуванчика или цикория, а также для лучевых цветков других сложных растений ([рис. 451](#)). Нижняя часть гамозепалозного венчика трубчатая, а верхняя часть имеет форму ремешка, как если бы эта часть трубки была расщеплена с одной стороны и распластана плашмя.

Эти формы цветка следует изучать на соответствующих примерах.

813. Соединение частей цветка.—В цветке лютика все части каждой серии отделены друг от друга и от других серий частей. Каждый из них прикреплен к *гнезду* цветка, которое представляет собой очень сильно укороченную часть оси цветка. Чашечка, состоящая из отдельных частей, называется *многораздельной*, и венчик также *многораздельный*. Тычинки *отчетливые*, а пестики *простые*. Однако у многих цветов наблюдается большее или меньшее *соединение* частей.

814. Объединение частей одной серии или цикла.—Части *соединяются* либо слабо, либо в значительной степени. Обычно они не так полностью сливаются воедино, но какое количество частей серии можно определить. Там, где чашелистики соединены, чашечка *гамозепальная*, когда лепестки соединены, венчик *гамозепалый*.

Соединение чашелистиков или венчика встречается довольно часто, но соединение тычинок встречается редко, за исключением нескольких семейств, где это весьма характерно. Когда тычинки соединены пыльниками, они *сингенные*. Так обстоит дело у большинства цветков семейства сложноцветных. Когда все тычинки объединены в одну группу своими нитями, они являются *одноцветными* (единое братство), как у мальвы, гибискуса, хлопка, болотной мальвы и др. Когда они объединены своими нитями в две группы, они *диадельфичны* (два братства), как у гороха и большинства представителей семейства гороховых. У большинства видов зверобоя продырявленного (*Hypericum*) тычинки объединены в тройки (*трехгранные*).

815. Плодолистики часто соединенные.—Тогда говорят, что пестик *сложный*. Там, где пестики срослись, обычно соседние стенки срастаются и, таким образом, отделяют полость каждой завязи. Каждая полость в составном пестике представляет собой *локулу*. В некоторых случаях смежные стенки исчезают, так что остается одно общее углубление для составного пестика (примеры: портулак, нут, гвоздика и т.д.). В некоторых случаях имеется ложная перегородка (например, у зубочистки и других крестоцветных). Сложный пестик очень часто слегка лопастной, так что можно различить разные пестики. Чаше всего соцветия или рыльца различны и, таким образом, указывают на количество соединенных пестиков.

816. Соединение деталей разных серий.—В то время как у лютика и многих других цветов все различные части вставлены в тор или сосуд, у других цветов один ряд частей может быть соединен с другим. Это *соединение* частей, или две или более серии являются *одинаковыми*. У ипомеи тычинки расположены на внутренней стороне трубки венчика; то

же самое верно и для семейства мятных, и есть много других примеров. О вставке частей, как свободных, так и сросшихся, обычно говорят в связи с их отношением к пестику. Таким образом, у лютика цветочные оболочки и тычинки все свободные и *гипогенные*, они находятся *ниже* пестика. Пестик в этом случае является *верхним*. У вишни, груши и т. Д. лепестки и тычинки располагаются по краю более или менее приподнятой трубки чашечки и, как говорят, находятся *перигинозно*, то есть вокруг пестика. У клюквы, черноплодки и др. чашечка по большей части соединена со стенкой завязи короткими ножками, выступающими с верхней поверхности. Лепестки и тычинки расположены по краю чашечки над завязью; следовательно, они *эпигинные*, а завязь, находящаяся как бы под чашечкой, является *нижней*.

III. Расположение цветов, или Вид соцветия.

817. Цветки бывают одиночными или гроздевыми.—*Одиночные цветки* более просты в своем расположении, т. е. нам легче определить и назвать их отношение друг к другу и к другим частям растения. Они либо *пазушные*, т.е. на коротких боковых побегах в пазухах обыкновенных листовых листьев, либо они *терминальные*, т.е. Располагаются на конце главной оси обыкновенного листового побега. В любом случае они так далеко разделены, а листья листы настолько заметны, что не образуют узнаваемых групп или скоплений. Способ расположения цветков на побеге называется *соцветием*, а группа цветков, расположенных таким образом, называется *цветочной гроздью*.

По расположению цветков на стебле обычно различают два различных вида соцветия. (1) *Щитковидный*, или *неопределенное соцветие* (также *неопределенное соцветие*), в котором цветки появляются из пазушных почек, а конечная почка может продолжать расти. (2) *Цимозное* или *детерминированное соцветие* (также *определенное соцветие*), в котором цветки появляются из концевых почек. Это останавливает рост побега в длину.

У растения есть несколько преимуществ в различных формах соцветия, главным из которых является скопление цветков, что увеличивает шансы на эффективное опыление.

А. ЦВЕТОЧНЫЕ ГРОЗДЬЯ С НЕОПРЕДЕЛЕННЫМ СОЦВЕТИЕМ.

818. Простейший вид неопределенного соцветия - это когда цветки появляются в пазухах нормальных листовых листьев, в то время как конечная почка, как у цветочного смилакса, колокольчика, денежника, абрикоса и др., продолжает расти. Цветки *одиночные* и *пазушные*. В других случаях, которые гораздо более многочисленны, цветы объединены в более или менее определенные группы, в которых присутствует ряд узнаваемых типов. Следует понимать, что слово "тип", используемое в этом смысле, не относится к исходной структуре, которая является источником других. Это просто относится к виду соцветия, который мы пытаемся распознать и по которому мы группируем те формы, которые имеют сходство друг с другом. Существует множество форм цветочных гроздей, которые не соответствуют ни одному из признанных нами типов и вызывают большое недоумение. Эволюция цветочных групп была *естественной*, и мы не можем привести их все в соответствие с *искусственной* классификацией. Эти *типы* названы просто для удобства выражения наших идей. Обычно распознаются следующие типы:

819. Кисть.—Цветонос более или менее удлинённый, а листья уменьшены до крошечных размеров, называемых *прицветниками*, в то время как цветки на боковых осях одиночные, в пазухах прицветников. Уменьшение размера листьев и несколько ограниченный рост побега в длину делают цветки более заметными и сближают их, чем если бы они образовались в пазухах листьев на обычном листовом побеге. Примерами кистевидной формы являются черешня, смородина, тыква, кислица и др. (рис. 569). У

большинства растений кистевидного типа, хотя соцветие неопределенное, а самые верхние цветки (расположенные ближе к концу основного побега) моложе, все же период цветения несколько ограничен, и кисть прекращает рост. Однако у некоторых растений, как, например, у обыкновенной "пастушьей сумки", кисть продолжает расти в течение всего лета, так что нижние цветки, возможно, уже дали семена, в то время как конечная часть кисти все еще растет и дает новые цветки. Сложные кисти образуются, когда при разветвлении цветоноса в грозди образуется несколько кистей, как у ложной соломоновой печати (*Smilacina racemosa*).

820. Метелка. Метелка развивается из кистевидного типа за счет разветвления боковых цветковых осей, образующих рыхлую открытую цветочную гроздь, как у овса.

821. Тирсус представляет собой компактную метелку пирамидальной формы, как у сирени, конского каштана и др.

822. Гимн.— Щиток также демонстрирует легкий переход от кистевидного типа за счет укорочения главной оси соцветия и удлинения нижних, боковых цветоносов, так что цветочная гроздь более или менее сплющена сверху. Это представляет собой *простой щитковидный знак*. *Сложный щиток* - это тот, у которого часть цветоносов снова разветвляется, образуя вторичные щитки, как у рябины обыкновенной. Это похоже на метелку с удлиненными нижними цветоносами.

823. Зонтик.— Зонтик развивается из кисти, или щитковидки. Главный цветочный побег остается очень коротким или неразвитым, с несколькими цветками на длинных цветоносах, образующими близко друг к другу вокруг этой укороченной оси в виде завитка или грозди. Примеры можно найти в молочае, водяном пенниворте (*Hydrocotyle*), вишне "бычье сердце" и др. *Сложный зонтик* - это такой, у которого цветоносы разветвлены, образуя вторичные зонтики, как у тмина, пастернака, моркови и т.д.

824. Шип.— У колоса главная ось длинная, а одиночные цветки в пазухах прицветников обычно сидячие и часто очень сильно скученные. Примерами могут служить подорожник, коровяк ([рис. 422](#)) и др. Колос представляет собой кисть, только цветки сидячие и скученные. У трав цветочная гроздь разветвленная, а веточки с несколькими цветками представляют собой колоски.

825. Голова.— Когда ось цветка сильно укорочена, а цветки скучены и сидячи или почти сидячи, образуя шаровидную или сжатую гроздь, это *головка* или *capitulum*. Переход от колоса осуществляется за счет укорочения главной оси, как у клевера, *цефалантаи* т.д., или за счет укорочения цветоносов в виде зонтика, как у маргаритки, одуванчика и других составных цветов. У них головка окружена оболочкой, которая у молодых головок часто обволакивает массу цветков, обеспечивая им таким образом защиту. В некоторых других композитах (например, *Lactuca*) оболочка обеспечивает защиту на более длительный период, даже во время созревания семян.

826. Початок.— Когда основная ось цветочной грозди мясистая, колос или головка образует *початок*, как у индийской репы, сунсовой капусты, каллы и др. Початок обычно более или менее заключен в *пластинку*, лист в форме ленты.

827. Сережка. Колосок, который обычно является трупным, то есть отпадает после созревания цветка или плода, называется сережкой, или *аментом*. Соцветия ольхи, ивы (рис. 555), тополя и тычиночные соцветия дуба, гикори, орешника, березы и т.д. Являются *дополнениями*. Этот способ соцветия настолько характерен, что растения называются *аментоцветными*, или *аментоцветными*.

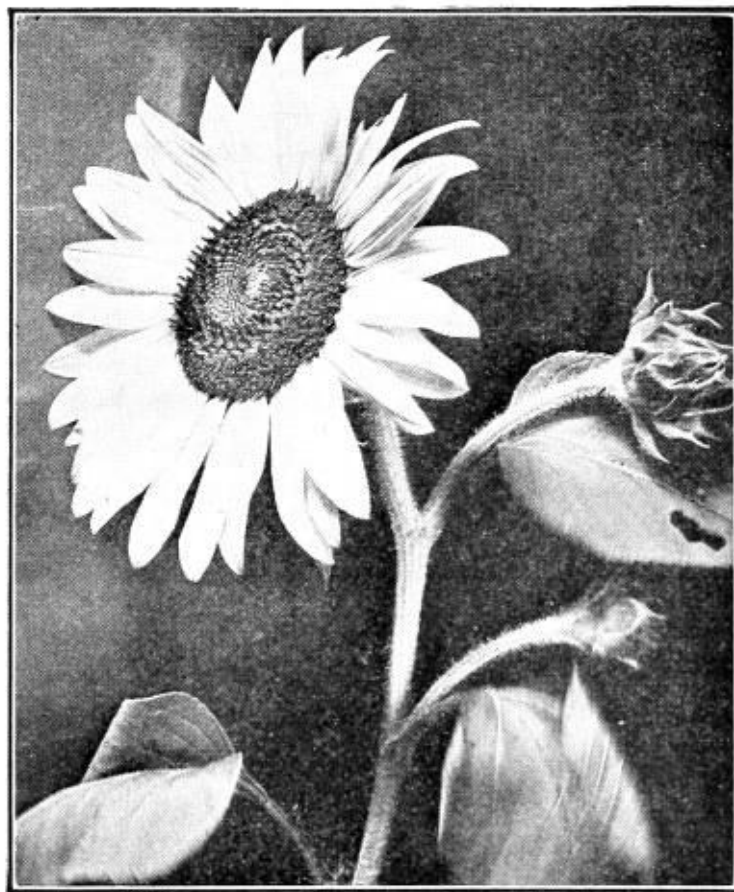


Рис. 451.

Головка подсолнуха с центростремительным соцветием трубчатых цветков. (Фото автора.)

828. Цветонос с неопределенным соцветием.—В соцветии кисти, как и у других щитковидных форм, нижние (или наружные) цветки, будучи более старыми, раскрываются первыми. Затем цветки раскрываются снизу, вверх; или снаружи, внутрь, по направлению к центру соцветия. *Пыльца*, то есть раскрытие цветков щитковидных форм, называется *центростремительной*, то есть она развивается извне, внутрь. Антезис the fuller's teasel своеобразен, поскольку в нем представлены оба типа. Есть несколько явных преимуществ для растения, у которого пылеобразование продолжается в течение определенного периода времени, поскольку это способствует перекрестному опылению, способствует образованию семян в случае, если условия должны быть неблагоприятными в один период пылеобразования, распределяет сток по растению для получения пищи и т.д.

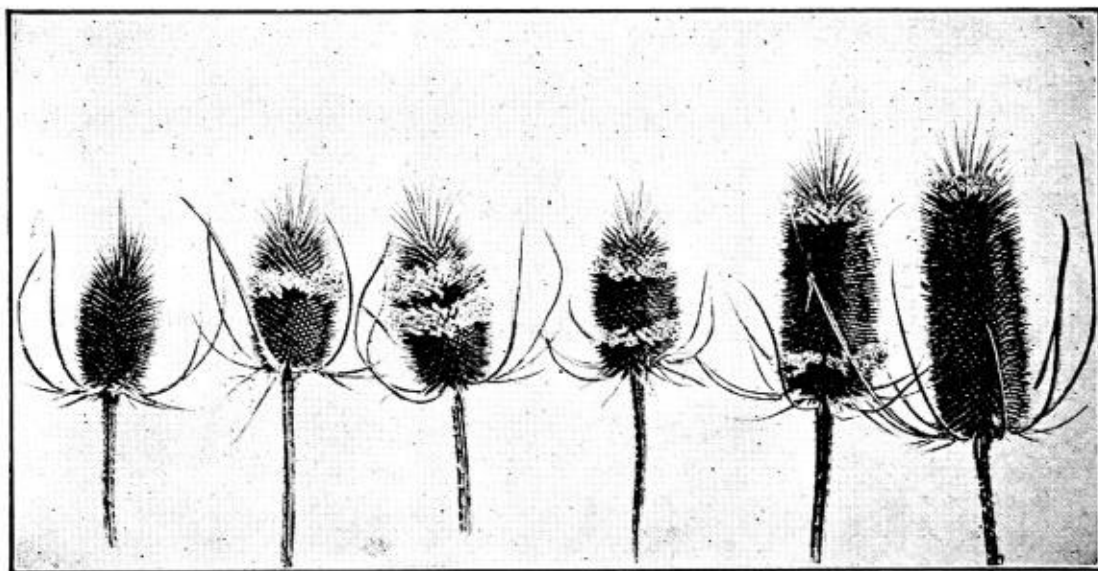


Рис. 452.

Головки чайника фуллера на разных стадиях цветения.

В. ЦВЕТОЧНЫЕ ГРОЗДЬЯ С ДЕТЕРМИНАНТНЫМ СОЦВЕТИЕМ.

829. Простейший вид детерминированного соцветия - это растение с одиночным верхушечным цветком, как у печеночника, тюльпана и др. Листья у этих двух растений собраны в виде розетки, а воздушный побег голый и несет единственный цветок на своей вершине. Такой цветочный побег является *образцом*. Как и в случае с неопределенным соцветием, так и здесь большее количество цветоносов являются более сложными и специализированными, что приводит к эволюции цветочных гроздей или масс. При объединении цветков в гроздья наблюдается уменьшение листовой поверхности на цветоносе, так что цветки преобладают в массе и более заметны. Среди признанных способов детерминированного соцветия основными являются следующие:

830. Цим.—В циме первым раскрывается конечный цветок на главной оси, а остальные цветки появляются на боковых побегах, которые возникают из пазух листьев или прицветников внизу. Эти боковые побеги обычно ветвятся и удлиняются так, что верхушечные цветки на всех ветвях достигают почти той же высоты, что и верхушечный цветок на главном побеге, образуя несколько приплюснутую или выпуклую верхушку цветочной грозди. Это проиллюстрировано на примере цветка липы. Цветение кисты *центробежное*, то есть изнутри наружу к краю. Но часто он более или менее смешанный, поскольку боковые побеги, если на них более одного цветка, представляют собой миниатюрные кистевидные побеги, и конечный цветок раскрывается раньше боковых. Там, где цветочная гроздь довольно большая, а ветвление довольно обширное, образуются *сложные кисты*, как у кизила, гортензии и т.д.

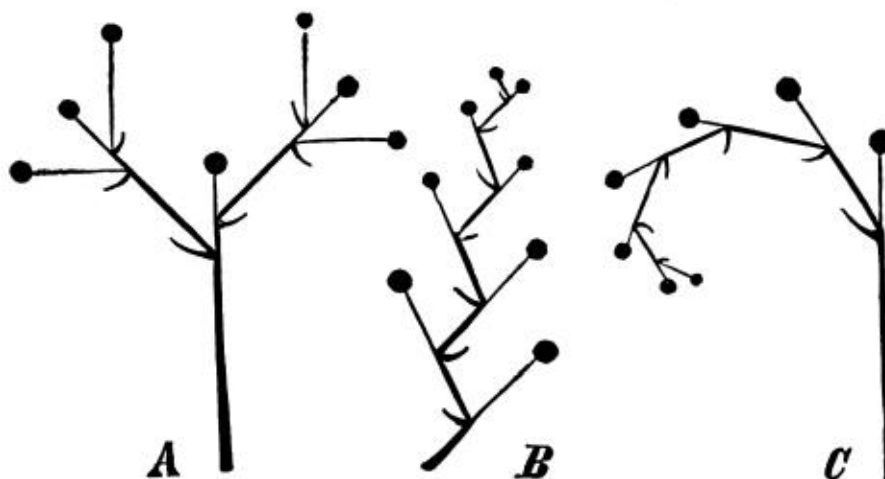


Рис. 453.

Схемы цимозного соцветия. А, дихазий; В, скорпиоидная киста; С, спиралевидная киста. (После Страсбургера.)

831. спиралевидная киста.—Там, где происходит последовательное боковое разветвление, которое всегда продолжается с одной и той же стороны, образуется изогнутая цветочная гроздь, как у незабудки и большинства представителей семейства огуречных. Это известно как *спиралевидная спираль* ([рис. 453, С](#)). Каждая новая ветвь, в свою очередь, становится “ложной” осью, несущей новую ветвь с той же стороны.

832. скорпиоидная киста.—*Скорпиоидная киста* ([рис. 453, В](#)) образуется там, где каждая новая ветвь возникает по разные стороны от “ложной” оси.

833. Разветвляющаяся киста - это место, где каждая “ложная” ось образует две противоположные ветви, так что она представляет ложную дихотомию (например, цветочная гроздь куропатки).

834. Некоторые из этих цветочных соцветий необычны, и трудно понять, каким образом спиралевидные, или скорпиоидные, кистевидные соцветия дают растению какие-либо преимущества перед настоящими. Поскольку соцветие растения является детерминированным, то при растяжении цветения на значительный период обязательно получится своеобразная форма. У *спиралевидной кисты* с одной стороны происходит непрерывное ветвление, и в результате у незабудки получается непрерывное соцветие, по своему эффекту напоминающее продолжающуюся кисть (сравните пастушью сумку). Но мы не должны ожидать, что все сложные и специализированные структуры от простых и обобщенных будут полезны для растения. У многих растений мы распознаем эволюцию в направлении выгодных структур. Но поскольку растение не может сознательно развить эти структуры, мы должны также признать, что могут быть фазы регресса, при которых развившиеся структуры не так полезны для растения, как более простые и обобщенные структуры его предков. Вариативность и изменение не приводят к развитию растения или растительных структур только в том направлении, которое принесет пользу. Тенденция проявляется во всех направлениях. Результат в целом можно изобразить в виде дерева с расходящимися и широко раскидистыми ветвями. Некоторые из них отмирают; другие остаются второстепенными или бездействующими; в то время как третьи понижаются вниз, демонстрируя регресс. Но в ходе этой обратной эволюции они не возвращаются к состоянию своих предков и не возвращаются тем же путем. Происходит новый нисходящий поворот точно так же, как растущая вниз ветвь следует своим собственным курсом и не возвращается в ствол.

ГЛАВА XLIII. ОПЫЛЕНИЕ.

Происхождение гетероспории и необходимость опыления.

835. Оба вида половых органов на одном проталлии. У папоротников, как мы видели, половые органы располагаются на проталлиуме, маленьком, похожем на лист, тельце сердцевидной формы, растущем во влажных условиях. В очень многих случаях оба вида половых органов вынашиваются на одном и том же проталлии. Хотя, возможно, у некоторых видов нет ничего необычного в том, что яйцеклетка архегония может быть оплодотворена сперматозоидом из антеридия на том же проталлиуме, часто случается, что она оплодотворяется сперматозоидом из другого проталлиума. Это может быть достигнуто несколькими способами. Во-первых, антеридии обычно обнаруживаются на проталлиуме гораздо раньше, чем архегонии. Когда эти антеридии созревают, сперматозоиды выходят до того, как архегонии на том же проталлиуме созреют.

836. Перекрестное оплодотворение у *monocious protallia*. Плавающая в воде или каплях влаги, которые иногда присутствуют в этих влажных средах, эти сперматозоиды могут достичь и оплодотворить яйцеклетку, созревшую в архегонии, выросшем на другом и более старом проталлиуме. Таким образом, то, что называется перекрестным оплодотворением, осуществляется почти так же эффективно, как если бы проталлии были отдельными, то есть если бы все антеридии и архегонии росли на отдельных проталли.

837. Склонность к выраженной проталлии.—В других случаях некоторые проталлии папоротника несут в основном архегонии, в то время как другие несут только антеридии. В этих случаях перекрестное оплодотворение является принудительным из-за такого разделения половых органов на разные проталлии. Эти разные проталлии, самец и самка, в значительной степени обусловлены различием в питании, что было четко доказано экспериментом.

838. Два вида половых органов на разных проталлиях.—У хвощевых (*equisetum*) разделение половых органов на разные проталлии стало довольно постоянным. Хотя все споры одинаковы, насколько мы можем определить, некоторые из них дают исключительно маленькие мужские растения, в то время как другие дают крупные женские растения, хотя в некоторых случаях последние несут также антеридии. Было обнаружено, что когда спорам дают мало питательных веществ, они образуют мужские проталлии, а споры, получающие обильное питание, образуют женские проталлии.

839. Постоянное разделение полов за счет различного количества питательных веществ, поступающих в пищу спорам. Это разделение половых органов разных проталлиев, которое у большинства папоротников и у *equisetum* зависит от случайного поступления питательных веществ к прорастающим спорам, становится очевидным, когда мы переходим к таким растениям, как *изоэты* и *селагинеллы*. Здесь некоторые из спор получают больше питательных веществ во время своего формирования, чем другие. В крупных спорангиях (*macrosporangia*) только несколько клеток ткани, продуцирующей споры, образуют споры, остальные клетки растворяются, чтобы питать растущие макроспоры, которых немного. В мелких спорангиях (*микроспорангиях*) все клетки спорообразующей ткани образуют споры. Следовательно, в каждой из них содержится меньшее количество питательных веществ, и она намного меньше микроспоры. Таким образом, половая природа проталлия у *селагинелл* и *изоет* предопределена в спорах, когда они формируются на спорофите. Микроспоры должны образовывать мужские проталлии, в то время как макроспоры должны образовывать женские проталлии.

840. Гетероспория.—Это производство двух видов спор изозаитами, селлагинеллами и некоторыми другими растениями папоротника является *гетероспорией*, или такие растения называются *гетероспористыми*. Таким образом, гетероспория, насколько нам известно из живых форм, зародилась в группе папоротниковых. У всех высших растений, у голосеменных и покрытосеменных, это было увековечено, микроспоры представлены пыльцой, в то время как макроспоры представлены зародышевым мешком; мужским органом голосеменных и покрытосеменных является пыльцевая клетка в пыльце или пыльцевой трубке, или, в некоторых случаях, возможно, само пыльцевое зерно, а женский орган у покрытосеменных, возможно, редуцирован до яйцеклетки зародышевого мешка.

841. У птеридофитов вода служит средой для транспортировки сперматозоида к женскому органу.—У папоротников и их союзников, а также у печеночников и мхов поверхностная вода является необходимой средой, через которую генеративная клетка или сперматозоид мужского органа, сперматозоид, может достичь зародышевой клетки женского органа. Сперматозоид здесь подвижен. Это верно в большом количестве случаев для водорослей, которые в основном являются водными растениями, в то время как в других случаях потоки воды переносят сперматозоид к женскому органу.

842. У высших растений необходима модификация проталлия.—Однако, когда мы переходим к голосеменным и покрытосеменным растениям, где примитивная фаза (гаметофит) растений стала зависеть исключительно от современной фазы (спорофит) растения, поверхностная вода больше не служит средой, через которую подвижный сперматозоид достигает яйцеклетки для ее оплодотворения. У самки проталлий, или макроспора, почти во всех случаях постоянно заключен в спорангий, так что, если бы снаружи яйчника были подвижные сперматозоиды, они никогда не смогли бы достичь яйцеклетки для ее оплодотворения.

843. Но модификация микроспоры, пыльцевой трубки, позволяет сперматозоиду достичь яйцеклетки. Трубка растет через нуцеллу или сначала через ткани яйчника, получая оттуда питательные вещества.

844. Но здесь от нас не должно ускользнуть важное соображение. Пыльцевые зерна (микроспоры) почти во всех случаях должны сначала достичь пестика, чтобы в процессе роста этой трубки мог образоваться канал, по которому генеративная клетка могла пробиться к яйцеклетке. Затем пыльца переходит с местечка пыльника на рыльце завязи. Этот процесс называется *опылением*.

Опыление.

845. Самоопыление или близкое опыление.—Возможно, очень немногие из читателей прелестной голубой фиалки когда-либо замечали, что есть и другие цветы, кроме тех, которые привлекают нас прекрасным цветом лепестков. Многие ли замечали, что ярко окрашенные цветки сине-фиалки редко “завязывают плоды”? Под почвой или обломками у подножия растения находятся цветки поменьше на более коротких изогнутых стеблях, которые не раскрываются. Когда пыльники распускаются, они располагаются близко к рыльцу завязи, и пыльца оседает непосредственно на рыльце того же цветка. Этот метод опыления - *самоопыление*, или *близкое опыление*. Эти маленькие закрытые цветки фиалки были названы “*клеистогамными*”, потому что они опыляются, когда цветок закрыт, и в результате происходит оплодотворение.

Но самоопыление имеет место в случае некоторых открытых цветков. В некоторых случаях это происходит случайно, а в других случаях в результате таких движений тычинок или цветка в момент отделения пыльцы, что она совершенно определенно оседает на рыльце того же цветка.

846. Опыление ветром.—Сосна является примером цветов, опыляемых ветром. Поскольку пыльца витает в воздухе или разносится “ветром”, такие цветы *анемофильны*. Другие анемофильные цветки встречаются у других хвойных деревьев, на травах, осоке, многих аментоносных деревьях и других двудольных растениях. Такие растения производят обилие пыльцы, и всегда в виде “пыли”, так что частицы легко отделяются и разносятся ветром.

847. Опыление насекомыми.—Большое количество растений, которые мы отметили как анемофильные, являются одноцветными или двудомными, то есть тычинки и пестики собраны в отдельные цветки. Образовавшиеся таким образом два вида цветков, мужской и женский, появляются либо на одной особи (*monœcious*), либо на разных особях (*diœcious*). В таких случаях обязательно имеет место перекрестное опыление, то есть опыление пестика одного цветка пыльцой другого, если он вообще опыляется. Даже у однолетних растений перекрестное опыление часто происходит между цветками разных особей, так что в оплодотворенной яйцеклетке объединяются более разные подвои и штамм сохраняется более сильным, чем если бы были объединены очень близкие или идентичные штаммы.



Рис. 454.

Виола cucullata; цветки сверху голубые, снизу клейстогамные, более мелкие и изогнутые. Справа срез пестика.

848. Но есть много цветов, у которых присутствуют и тычинки, и пестики, и все же перекрестное опыление осуществляется с помощью насекомых.

859. Опыление голубицы.—У pretty bluet тычинки и фасоны цветков разной длины, как показано на рисунках [455](#), [456](#). Тычинки длинночерешкового цветка находятся примерно на

том же уровне, что и рыльце короткочерешкового цветка, в то время как тычинки последнего находятся примерно на том же уровне, что и рыльце первого. Что означает это интересное соотношение тычинок и пестиков в двух разных цветках? Когда бабочка засовывает свой “язычок” в трубочку длинного цветка за нектаром, часть пыльцы стирается и прилипает к нему. Когда теперь бабочка посетит короткостебельный цветок, эта пыльца окажется в нужном положении, чтобы ее можно было стереть с рыльца короткостебельного цветка. Расположение длинных тычинок и удлиненный стебель таковы, что будет произведено аналогичное перекрестное опыление.

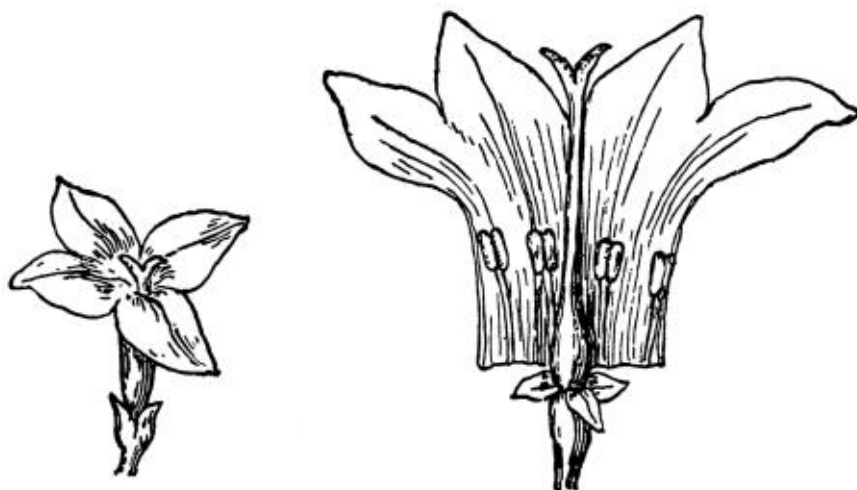


Рис. 455.

Дихогамный цветок голубицы (*Houstonia coerulea*), удлиненной формы.



Рис. 456.

Дихогамный цветок голубики (*Houstonia coerulea*), низкорослая форма.

850. Опыление первоцвета.— В примулах, образцы которых у нас есть в оранжереях и которые цветут зимой, мы имеем почти идентичные примеры прекрасных приспособлений для перекрестного опыления насекомыми, обнаруженных в голубом цвете. Общая форма венчика та же, но части цветка расположены по пять, а не по четыре, как у синего. Хотя пыльца короткостебельных примул иногда должна попадать на рыльце одного и того же цветка, Дарвин обнаружил, что такая пыльца не так сильно воздействует на рыльце своего собственного цветка, как на рыльце другого, что является дополнительным условием, приводящим к перекрестному опылению.

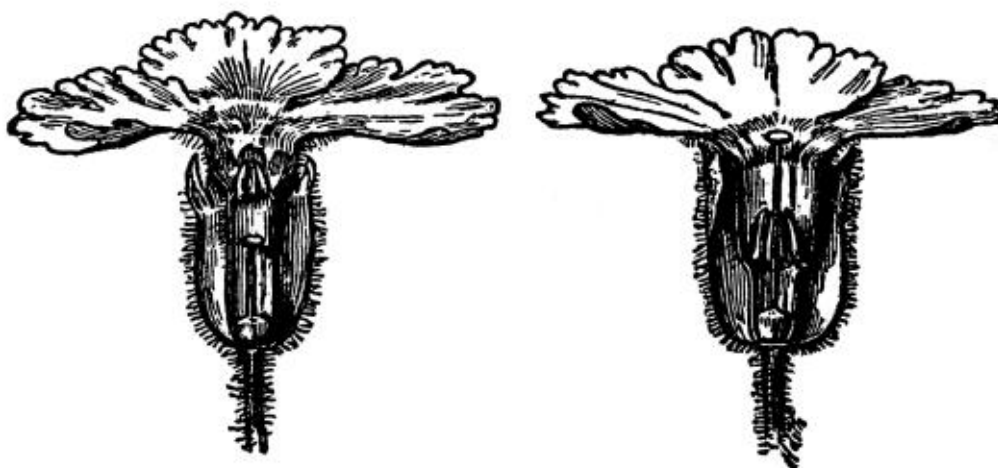


Рис. 457.

Дихогамные цветки примулы.

В случае некоторых сортов грушевых деревьев, таких как Бартлетт, было обнаружено, что цветки остаются в значительной степени стерильными не только по отношению к их собственной пыльце или пыльце цветков того же дерева, но и ко всем цветкам этого сорта. Однако они становятся плодовитыми при перекрестном опылении другим сортом груши.

851. Опыление сунсовой капусты.—У многих других цветов перекрестное опыление осуществляется с помощью насекомых, когда существует разница во времени созревания тычинок и пестиков одного и того же цветка. Сунсовая капуста (*Spathyema foetida*), хотя и вызывает отвращение из-за своего зловонного запаха, тем не менее является очень интересным растением для изучения по нескольким причинам. Ранней весной, до появления листьев, и во многих случаях сразу после того, как с твердой почвы сойдут заморозки, крючковатый клюв большого мясистого побега этого растения прокладывает себе путь сквозь почву.

Если мы срежем одну сторону лопатки, как показано на [рис. 459](#), мы приблизим цветущую лопатку к виду. В этой початке пестик каждого переполненного цветка протолкнул свой стиль между пластинками брони, образованными сходящимися концами чашелистиков, и выделяется отдельно кистевидным рыльцем, готовым к опылению, в то время как тычинки всех цветков этой початки еще скрыты под ними. Насекомые, которые перелетают с початка одного растения на другое, переползая по выступающим рыльцам, стирают часть пыльцы, которая была поймана при посещении растения, где тычинки рассеивают свою пыльцу. Таким образом, происходит перекрестное опыление. Такие цветки, у которых рыльце подготовлено к опылению до созревания пыльников того же цветка, являются *протерогинными*.



Рис. 458.
Скунсовая капуста.

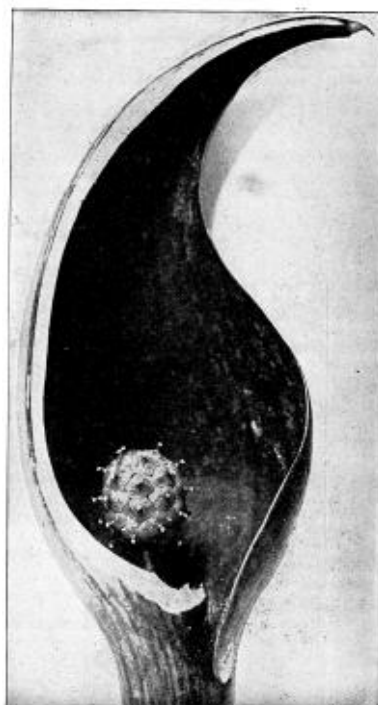


Рис. 459.
Протерогения в скунсовой капусте. (Фотография автора.)



Рис. 460.

Скунсовая капуста; верхние цветки протерандромные, нижние протерогинные.

852. Теперь, если мы понаблюдаем за початком другого растения, мы можем увидеть состояние вещей, подобное тому, что показано на [рис. 460](#). У цветков в верхней части початка пыльники пробиваются между панцирными пластинками, образованными чашелистиками, в то время как соцветия тех же цветков все еще находятся внизу, а рыльца не готовы к опылению. Такие цветки являются *протерандромными*, то есть пыльники созревают до того, как рыльца тех же цветков будут готовы к опылению. У этого початка верхние цветки протерандромные, в то время как нижние протерогинные, так что здесь могло случиться так, что нижние цветки были бы опылены пылью, падающей на них с тычинок верхних цветков. Это было бы перекрестным опылением в том, что касается цветов, но не в том, что касается растений. Однако у некоторых особей мы находим все цветки протерандромными.

853. Пауки обнаружили эту любопытную связь цветов и насекомых.— В нескольких различных случаях, изучая приспособления цветков скунсовой капусты к перекрестному опылению, я с интересом обнаружил, что пауки давным-давно открыли нечто подобное, поскольку они раскидывают здесь свои сети, чтобы ловить неосторожных, но полезных насекомых. Я не видел, чтобы сетка покрывала отверстие в початке, но она покрывала початок изнутри, протягиваясь от кончика к кончику либо рылец, либо тычинок, либо и того, и другого. За спадиксом прячется ловец пауков. Насекомое переползает через край сачка и, ничего не подозревая, ныряет в тускло освещенную камеру внизу, где запутывается в сетках сачка.

Цветки, у которых созревание пыльников и рылец происходит в разное время, также называются *дихогамными*.

854. Опыление джека-на-кафедре.—Арисема трифиллум (*Arisæma triphyllum*) добилась большого прогресса в искусстве принудительного перекрестного опыления. Как мы выяснили, большее количество растений здесь разнородные: тычиночные цветки находятся на початке одного растения, в то время как пестичные - на початке другого.

Однако у некоторых растений мы находим как женские, так и мужские цветки на одной початке.

855. Красивый цветок-колокольчик (*Campanula rotundifolia*) дихогамный и протерандромный ([рис. 462](#)). Многие композиты также дихогамны.

856. Опыление орхидей.—Но некоторые из самых замечательных приспособлений для перекрестного опыления насекомыми обнаружены у орхидей или представителей семейства орхидных. Большее количество представителей этого семейства произрастает в тропиках. Многие из них в лесах растут на высоких деревьях, где они находятся ближе к солнечному свету, и такие растения называются “эпифитами”. Ряд видов орхидей распространены в регионах с умеренным климатом.



Рис. 461.

Группа домкратов.

857. Циприпедиум, или дамская туфелька.—Один из видов дамской туфельки показан на [рис. 468](#). Лепесток у представителей этого рода имеет форму башмачка, как видно по разрезу цветка на [рис. 468](#). Рыльце расположено в точке *st*, в то время как пыльник расположен в точке *a*, на фасоне. Насекомое проникает примерно в середину щитка в форме лодочки. При выходе оно проходит вверх и наружу на конце около цветоноса. При этом он сначала проходит рыльце, а пыльник - в последнюю очередь, трусью о оба. Пыльца, попавшая на головку насекомого, не коснется рыльца того же цветка, но будет в состоянии соприкоснуться с рыльцем следующего посещенного цветка.

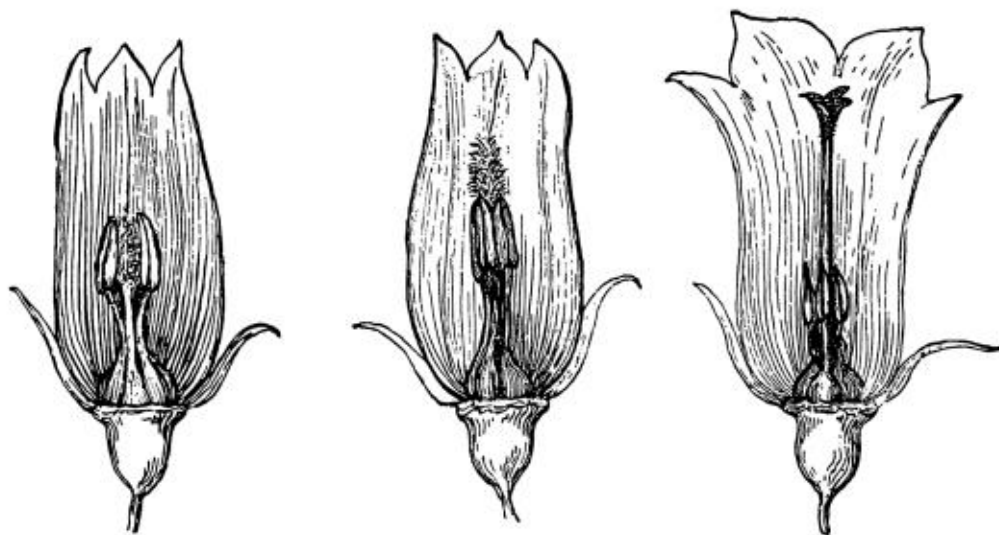


Рис. 462.

Протерандрия у колокольчатого цветка (*campanula*). На рисунке слева показаны однородные тычинки, окружающие незрелый початок и рыльце. На среднем рисунке показано, как незрелое рыльце проталкивается через трубку и смахивает пыльцу; в то время как на рисунке справа после исчезновения пыльцы лепестки рыльца раскрываются для приема пыльцы с другого цветка.

858. Эпипактис.—В эпипактисе, показанном на [рис. 469](#), действие аналогично действию голубой радужки.



Рис. 463.

Kalmia latifolia, показывающая положение пыльников перед посещением насекомыми, а справа - рассеивание пыльцы при потревоживании насекомыми. Средняя фигурная часть цветка.

849. У некоторых тропических орхидей поллинии высвобождаются, когда насекомое касается определенной части цветка, и выбрасываются таким образом, что диск поллиния ударяется о голову насекомого и встает вертикально. К тому времени, когда насекомое достигает другого цветка, поллиний достаточно наклоняется вниз, чтобы ударить по рыльцу, когда насекомое садится на пластинку. В горах Северной Каролины я видел красивую маленькую орхидею, у которой, если прикоснуться к определенной части цветка грифелем или другим подходящим предметом, поллиний внезапно высвобождается, совершает полное сальто в воздухе и приземляется с прилипшим к карандашу диском. Многие орхидеи, выращенные в оранжереях, могут быть использованы для демонстрации некоторых из этих своеобразных механизмов.



Рис. 464.
Опрыскивание листьев и цветков цитиса.



Рис. 465.
Цветок цитиса, выращенный в оранжерее. Тот же цветок, рассыпающий пыльцу.

860. Опыление канны. Изучение некоторых удивительных приспособлений цветов к перекрестному опылению приводит к вопросу, не являются ли, в конце концов, растения разумными существами, а не простыми автоматами, реагирующими на различного рода раздражители. Ни одно растение не озадачивало меня так сильно в этом отношении, как канна, и любой человек будет сполна вознагражден за изучение недавно распустившихся цветов, даже если для разгадки тайны, возможно, придется встать рано утром, прежде чем пчелы или ветер повредят этикетку. Цветок канна представляет собой запутанный лабиринт лепестков и похожих на них элементов. Чашечка зеленая, прилегает к завязи, а отгиб делится на три ланцетные доли. Лепестки обратнойцевидные и раскидистые, в то время как все тычинки превратились в лепестковидные элементы, называемые *стаминодиями*. Только у одного все еще видно происхождение тычинки, поскольку пыльник виден с одной стороны, в то время как нить расширена вбок и вверх, образуя *стаминодий*.



Рис. 466.

Spartium, показывающий осыпание пыльцы через раскрывающиеся кили на нижней стороне насекомого. (От Кернера и Оливера.)

861. Завязь имеет три локула, и три фасетки обычно объединены в длинную, тонкую фасетку в форме ремешка, как показано на рисунке, хотя в некоторых случаях присутствуют три почти разных нитевидных фасетки. Конец этого фасона в форме ремешка имеет своеобразный изгиб с одной стороны, очертания которого иногда напоминают длинную узкую букву S. Именно на конце этого гребня и вдоль гребня этой кривой находится поверхность рыльца, так что пыльца должна оседать на конце рыльца или по краю, чтобы могло произойти оплодотворение.



Рис. 467.
Циприпедиум.

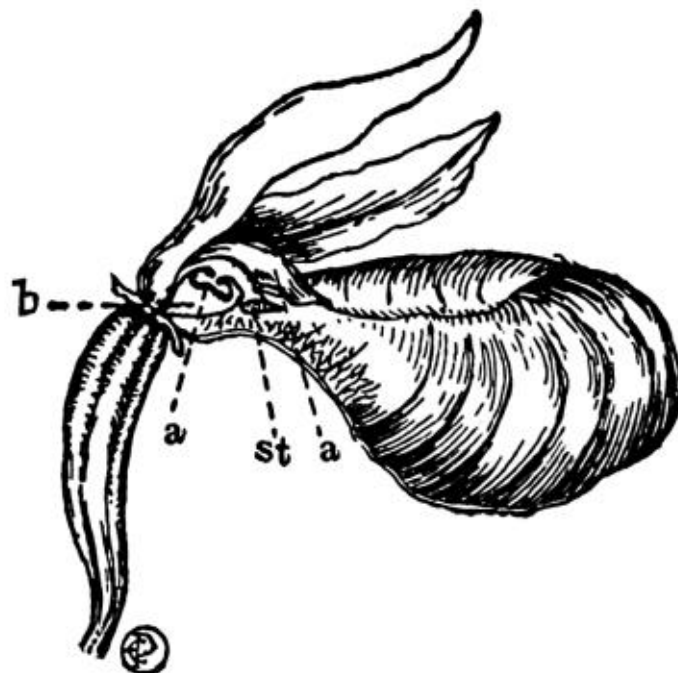


Рис. 468.

Срез цветка циприпедиума. *st*, рыльце; *a* у левой тычинки. Насекомое проникает в лабеллум в центре, проходит под рыльцем и напротив него, а затем выходит через отверстие *b*, где оно трется о пыльцу. При прохождении через другой цветок эта пыльца стирается с рыльца.

862. Если мы осторожно откроем бутоны цветка канна, которые почти готовы раскрыться естественным путем, развернув свернутые лепестки и стаминодии, мы увидим,

что стаминодий, несущий пыльники, так обернут вокруг сплющенного цветка, что пыльник плотно прилегает к лицевой стороне цветка, у края, *противоположного тому, на котором находится рыльце*.

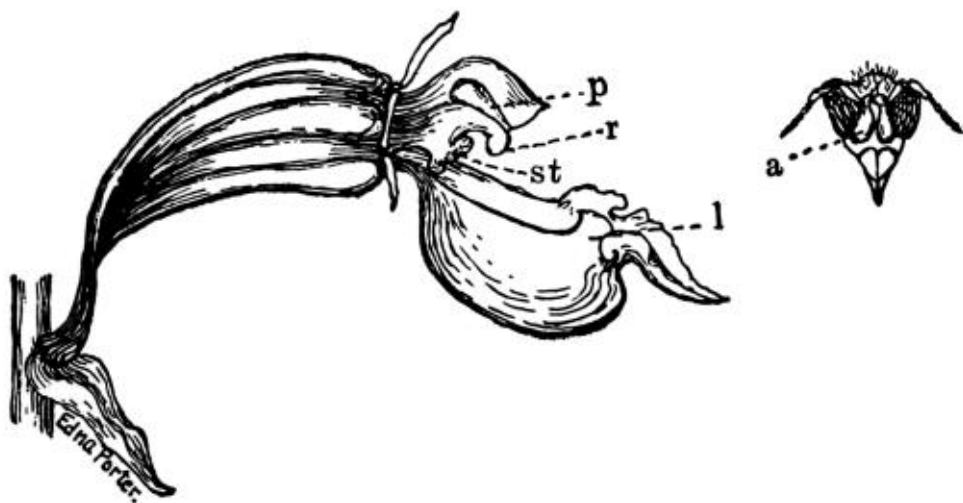


Рис. 469.

Эпипактис с частью околоцветника удален, чтобы показать детали. *l*, этикетка; *st*, рыльце; *r*, ростеллум; *p*, поллиний. Когда насекомое приближается к цветку, его головка ударяется о диск поллиния и вырывает поллиний. В это время поллиний поднимается в сторону от рыльца. К тому времени, когда насекомое перемещается на другой цветок, поллинии перемещаются вниз так, что они находятся в таком положении, чтобы ударяться о рыльце и оставлять пыльцу. Справа изображена голова пчелы с прикрепленными к ней двумя поллиниями (*a*).

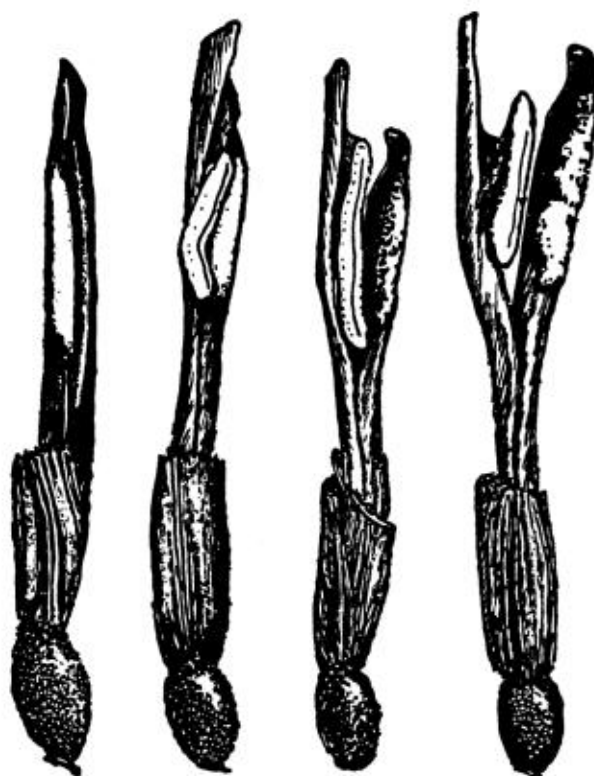


Рис. 470.

Цветки канны с удаленным околоцветником, чтобы показать отложение пыльцы на цветоносе тычинками.

863. Стенки местечек пыльников, которые прилегают к почкам, по всей своей длине превращаются в липкое вещество, так что они прочно прилипают к поверхности почки, а также к массе пыльцы внутри почков. В результате, когда цветок раскрывается и этот стаминодиум высвобождается из объятий стебля, масса пыльцы остается там осажденной, в то время как пустой пыльник поворачивается в одну сторону.

668. Почему цветок осаждаёт свою собственную пыльцу на фасон? Некоторые рассматривали это как акт опыления и поэтому пришли к выводу, что канны обязательно самоопыляются и что перекрестного опыления не происходит. Но почему с такой очевидной осторожностью наносится пыльца на боковую сторону початка, подальше от стигматического края? Если мы посетим канны как-нибудь утром, когда многие цветы только что распустились, а вокруг жужжат шмели в поисках нектара, мы, возможно, сможем раскрыть секрет.

864. Мы видим, что у недавно распустившегося цветка канны лепесток, который обращен непосредственно к фасону спереди, расположен кверху довольно близко к нему, так что цветок теперь имеет несколько воронкообразную форму. Этот передний лепесток является *этикеткой* и служит местом приземления шмеля, когда он садится на цветок. Вот он подходит, напевая, и садится на этикетку, держа голову так близко к стилю, что она соприкасается с ним. Но как раз в тот момент, когда пчела пытается втиснуться в цветок, этикетка внезапно наклоняется вниз, как показано на [рис. 468](#). При этом головка шмеля соскребает пыльцу, унося часть ее с себя. Теперь, когда пчела пьет нектар, она находится слишком далеко от рыльца, чтобы на нем могла осесть пыльца. Когда шмель подлетает к другому только что распустившемуся цветку, при приземлении часть пыльцы с предыдущего цветка попадает на рыльце.

865. Можно легко продемонстрировать чувствительность лабеллума недавно раскрывшихся цветков канны, если лабеллум еще не опустился в ответ на какой-либо стимул. Возьмите грифель, или лезвие ножа, или даже палец и прикоснитесь к верхней поверхности этикетки, просунув его между последней и начертанием. Губка быстро изгибается вниз.

866. Иногда шмели, хлебнув нектара, неуклюже ползут вверх по кочану. Таким образом, цветок может быть опылен его собственной пыльцой, что эквивалентно самоопылению. Несомненно, самоопыление часто происходит у цветов, которые в большей или меньшей степени приспособлены к перекрестному опылению насекомыми.

Рис. 471.



Опыление цветка канны шмелем.



Цветок канны. Пыльца на срезе, тычинка слева.

ГЛАВА XLIV.

ПЛОД.

I. Части плода.

867. После цветка появляется плод.—По мере совершенства плода обычно образуется семя. Это цель, на достижение которой была направлена энергия растения. В то время как семя состоит только из созревшей семязпочки и содержащегося в ней зародыша, плод дополнительно состоит из созревшей завязи и во многих случаях с другими вспомогательными частями, такими как чашечка, вместилище и т.д., в сочетании с ней. Стенка созревшей завязи называется *околоплодником*, а стенки завязи образуют стенки плода.

868. Околоплодник, эндокарпий, экзокарпий и т.д.— это часть плода, которая обволакивает семя и может состоять только из плодолистиков или из плодолистиков и прилегающей части цветоножки, или чашечки. У многих плодов околоплодник имеет дифференцировку на слои, или зоны ткани, как у вишни, персика, сливы и т.д. Внешняя сторона, которая здесь мягкая и мясистая, является *экзокарпом*, в то время как внутренняя, которая твердая, является *эндокарпом*. Иногда распознается промежуточный слой, который называется *мезокарпом*. В таких случаях кожица плода распознается как *эпикарпий*. Эпикарпий и мезокарпий чаще всего рассматриваются вместе как экзокарпийные.

Обычно плоды *сухие* или *мясистые*. Сухофрукты могут быть сгруппированы под двумя головками. Те, которые раскрываются при созревании и разбрасывают семена, являются *раскрывающимися*. Те, которые не открываются, являются *нераскрывшимися*.

II. Нераскрывшиеся плоды.

869. Акене.—Тонкая сухая стенка завязи окружает единственное семя. Обычно он не раскрывается и не высвобождает семя внутри. Таким фруктом является *акене*. *Акене* - это сухой, *нераскрывшийся* плод. Все скупенные, но отдельные пестики в цветке лютика при созревании образуют головку из акенов, которые образуют плод лютика. Другие примеры акенов встречаются у других представителей семейства лютиковых, а также в композитах и т.д. Хорошим примером акена является семя подсолнечника.



Рис. 472.

Семя, или акене, лютика.

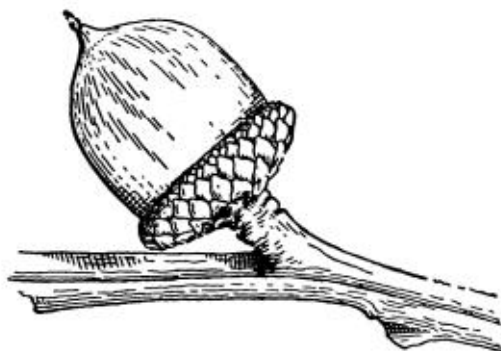


Рис. 473.

Плод красного дуба. Желудь.

870. Самара.—Крылатые плоды клена, вяза и др. Являются нераскрывшимися плодами. Иногда их называют ключевыми фруктами.

871. Зерновка - это сухой плод, у которого семя срослось со стенкой завязи, как у пшеницы, кукурузы и других злаков.

872. шизокарпий представляет собой сухой плод, состоящий из нескольких месторослей (из *синкарпийной гинции*). При созревании плодолистики отделяются друг от друга, но сами по себе не отделяются и не освобождают семя, как у морковных, мальвовых.

873. Желудь.—Плод желудя состоит из желудя и "чашечки" у основания, в которой находится желудь. Чашечка представляет собой любопытную структуру и, как предполагается, состоит из переплетения многочисленных мелких листочков у основания пестичного цветка, которые соединяются в твердое чашевидное тело. Когда желудь созревает, он легко отделяется от чашечки, но твердый околоплодник, образующий "скорлупу" желудя, остается закрытым. Мороз может вызвать его растрескивание, но очень часто околоплодник раскалывается на меньшем конце под действием клиновидного давления, оказываемого появляющимся корешком во время прорастания.

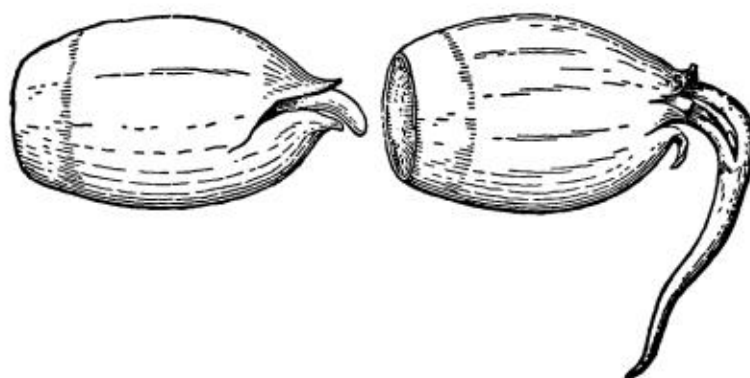


Рис. 474.

Прорастающий желудь белого дуба.

874. Фундук, каштан и буковый орех.—У этих плодов корона листьев (*involucre*) у основания цветка растет вокруг ореха и полностью обволакивает его, образуя шелуху или налет. Когда плод созревает, орех легко очищается от шелухи. У буковых и каштановых орехов по мере высыхания заусенец снимается, и орех выпадает. Но плод не раскрывается, так как околоплодник все еще цел и заключает в себе семя.

875. Орех гикори, грецкий орех и баттернат.— В этих плодах "шелуха" ореха гикори и "скорлупа" грецкого и мускатного орехов отличаются от оболочки желудя или фундука и т.д. У ореха гикори "шелуха", вероятно, частично состоит из чашечки и частично из уплотненных оберточных прицветников, вероятно, преобладает часть чашечки. Эта часть плода раскрывается по мере высыхания и высвобождает "орех", околоплодник которого очень твердый и нераскрывающийся. В грецких орехах "оболочка", вероятно, того же происхождения, что и "шелуха" ореха гикори, но при созревании она не раскалывается. Она остается мясистой. Грецкий и масляный орехи часто называют *косточками* или *косточковыми плодами*, но мясистая часть плода не того происхождения, что мясистая часть настоящих косточек, таких как вишня, персик, слива и т.д.

III. Раскрывающиеся плоды.

876. Среди раскрывающихся плодов различают несколько характерных видов, и обычно их иногда называют *стручками*. Есть одиночный плодолистик (простой пестик), а околоплодник сухой (гинчиум *апокарпический*); или там, где несколько плодолистиков объединены, пестик сложный (гинчиум *синкарпический*).



Рис. 475.

Диаграммы, иллюстрирующие три типа (в поперечном сечении) раскрытия сухих плодов. *Локализация*, локулицидная; *Сепсис*, Септицидный, Септифрагальный.



Рис. 476.

Плод душистого горошка; стручок.

877. Капсула.—Когда капсула *синкарпная*, она может отделяться тремя различными способами: 1. Когда плодолистики расщепляются по линии их соединения друг с другом в продольном направлении (*септицидное расхождение*), как у азалии или рододендрона. 2d. Когда плодолистики *расщепляются по средней линии (локулицидное раскрытие)*, как у плодов ириса, лилии и т.д. 3d. Когда плодолистики раскрываются порами (*порицидное раскрытие*), как у мака. У некоторых синкарпных капсул есть только одно местоимение, перегородки между разными местоимениями в молодом возрасте исчезли. Примером является “прыгающая ставка”, семена прикреплены к центральному столбику четырьмя рядами, соответствующими четырем локализаторам, присутствующим на молодой стадии.

878. Фолликул представляет собой капсулу с единственным плодолистиком, которая раскрывается по вентральному или верхнему шву, как у живокости, пиона.

879. Бобовое растение, или настоящий стручок, представляет собой коробочку с единственным плодолистиком, которая расщепляется вдоль обоих швов, как у гороха, фасоли и т.д. По мере созревания и высыхания стручка часто возникает сильное скручивающее усилие, в результате которого стручок внезапно раскалывается, разбрасывая семена.

880. Силикон.—У зубочелюстника, пастушьей сумки и почти у всех растений семейства горчичных плод состоит из двух соединенных плодолистиков, которые при созревании отделяются, оставляя стойкую перегородку. Такой плод - *силика*; когда он короткий, это *кремнезем*, или *мешочек*.

881. Пиксидиум, или пиксис, представляет собой капсулу, которая открывается крышкой, как у подорожника.

IV. Мясистые и сочные плоды.

882. Костянка, или косточковый плод.—У сливы, вишни, персика, абрикоса и т.д. внешняя часть (экзокарпий) околоплодника (завязи) становится мясистой, в то время как внутренняя часть (эндокарпий) становится твердой и каменистой и закрывает семя, или “косточку”. Такой фрукт известен как костянка, или как косточковый фрукт. У миндаля удаляют мясистую часть плода.

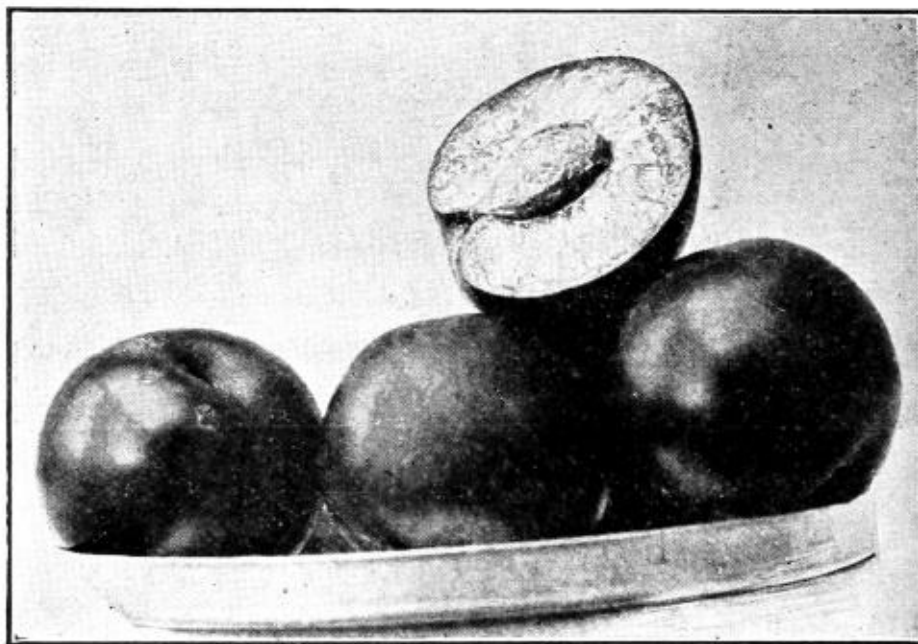


Рис. 477.

Костянка, или косточковый плод, сливы.

883. Малина и ежевика.—Хотя эти фрукты известны в народе как “ягоды”, они не являются ягодами в техническом смысле. Каждая завязь, или околоплодник, в цветке образует по одному маленькому плоду, внешняя часть которого мясистая, а внутренняя каменистая, как у вишни или сливы. Это *костянка* (маленькая костянка). Все костянки вместе образуют “ягоду”, и по мере созревания отдельные костянки более или менее сросшиеся. Это совокупность фруктов, и, следовательно, их иногда называют *коллективными плодами* или *совокупными плодами*. У малины плод отделяется от плодоножки, оставляя последнюю на плодоножке, в то время как костянки ежевики и росянки прилипают к плодоножке, а последняя отделяется от плодоножки.

884. Ягода.—У настоящей ягоды как экзокарпия (включая мезокарпию), так и эндокарпия мясистые или сочные. Хорошие примеры можно найти в клюкве, чернике, крыжовнике, смородине, ежевике, помидорах и т.д. Чашечка и стенка пестика сросшиеся, а в плодах становятся мясистыми, так что семена погружаются в мясистый сок. Сами семена более или менее косточковые. Что касается ягод, а также клубники, малины и ежевики, то птицы и другие животные охотно используют их в пищу. Семена, будучи твердыми, не перевариваются, а попадают в организм вместе с экскрементами других животных и таким образом рассеиваются.

V. Усиленные, или Вспомогательные, Плоды.

Когда тор (сосуд) у плода вырастает до околоплодника, говорят, что плод *укреплен*. Тор может охватывать околоплодники, или последние могут располагаться на торе.

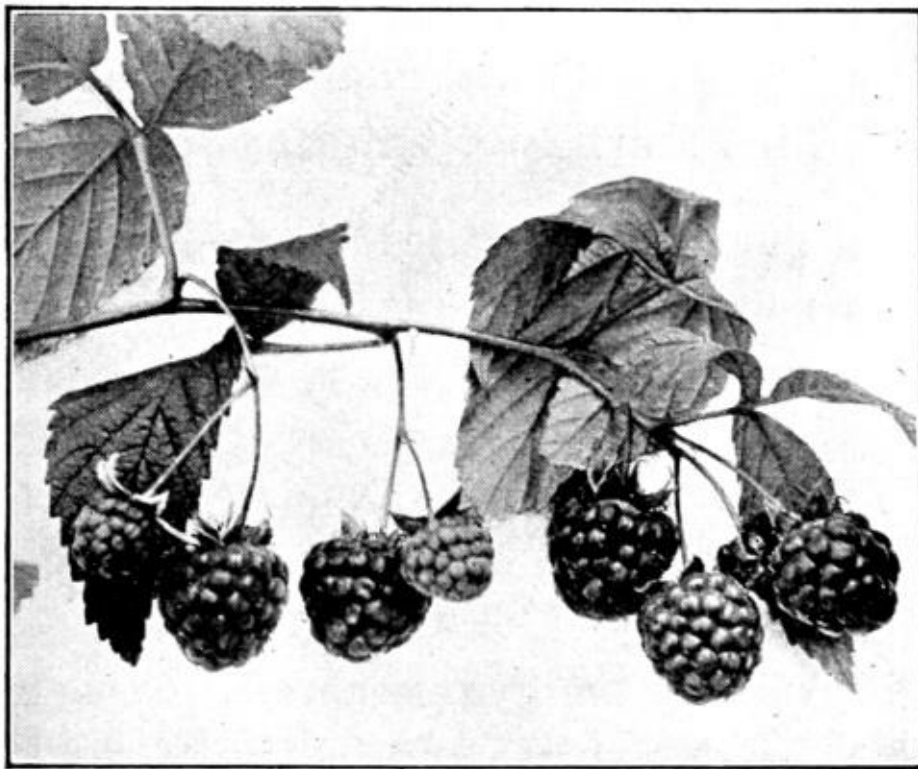


Рис. 478.

Плоды малины.

885. У земляники цветонос становится крупнее и мясистее, в то время как “семена”, которые являются акенами, погружаются в поверхность и становятся твердыми и каменистыми. Таким образом, клубника отличается от малины и ежевики, но, как и они, она не является настоящей ягодой.

886. Яблоко, груша, айва и т.д.— В цветке чашечка, венчик и тычинки перигинные, то есть расположены по краю цветоноса, или тора, который возвышается вокруг пестиков. У плода цветонос уплотняется со стенкой завязи (с околоплодником). Таким образом, торус *укрепляет* околоплодник. Тор и внешняя часть околоплодника становятся мясистыми, в то время как внутренняя часть околоплодника становится бумажной и образует “сердцевину”. Чашечка сохраняется на свободном конце плода. Такой плод называется *семечковым*. Сосуд, или тор, цветка розы, тесно связанного с яблоком, поучителен при сравнении. Плоды розы называются “шиповником”.

887. Полиция.—Плоды кабачка, тыквы, огурца и т.д. называются *лепо*. Внешняя часть плода представляет собой цветоложе (или тор), которое соединено с внешней частью трехраздельной завязи. Чашечка, которая вместе с венчиком и тычинками была эпигинной, отваливается от молодого плода.

VI. Плоды голосеменных растений.

Плоды голосеменных отличаются от почти всех покрытосеменных растений тем, что семя, образовавшееся из созревшей семязпочки, с самого начала голое, т.е. завязь, или плодолистик, не покрывает семя.

888. Шишковидный плод является наиболее заметным плодом голосеменных растений, что можно увидеть на шишках различных видов сосны, ели, бальзамина и т.д.

889. Мясистые плоды голосеменных растений.—Некоторые мясистые плоды напоминают косточковые плоды и ягоды покрытосеменных растений. *Кедровые “ягоды”*, например, мясистые и содержат несколько семян. Но мясистая часть плода формируется не из околоплодника, поскольку околоплодника нет, а из внешней части семязпочек, в то время как внутренние стенки семязпочек образуют твердую косточку, окружающую эндосперм и зародыш. При осмотре пестичного цветка кедра (можжевельника) обычно обнаруживаются три чашевидные семязпочки на конце плодородного побега, увенчанные таким же количеством прицветников (плодолистиков?). Молодые семязпочки свободны, но по мере роста они срастаются, и наружные стенки становятся мясистыми, образуя ягодообразный плод с трехлучевой расщелиной на верхушке, обозначающей количество семязпочек. Красный мясистый плод тиса (*taxus*) напоминает костянку, раскрывающуюся на верхушке. Каменистое семя образуется из единственной семязпочки на плодородном побеге, в то время как красная чашевидная мясистая часть образуется из внешнего покрова семязпочки. Так называемый “венчик” молодой яйцеклетки представляет собой рудиментарный наружный покров.

Плоды девичьего дерева (гинкго) размером примерно со сливу и очень напоминают косточковые. Но это всего лишь созревшая семязпочка, внешний слой которой становится мясистым, в то время как внутренний становится каменистым и образует ямку, которая окружает зародыш и эндосперм. Так называемый “венчик”, или “шейка”, у основания плода представляет собой рудиментарный плодолистик, который иногда более или менее полностью раскрывается в настоящий лист. Плоды саговника похожи на плоды гинкго, но у основания нет шейки. У замии плод больше похож на конус, однако семена образуются на нижней стороне чешуек.

VII. "Плоды" папоротников, мхов и т.д.

890. Термин "плод" часто применяется в общем или популярном смысле к группам спорообразующих телец папоротников (*плодовые точки*, или *соринки*), споровых коробочек мхов и печеночников, а также к плодовым телам, или спороносным частям, грибов и водорослей.

ГЛАВА XLV. РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕМЯН.

891. Средство для размножения семян. Поздним летом или осенью прогулка по лесу или в поле часто убеждает нас в совершенстве и разнообразии средств, которыми снабжены растения для распространения своих семян, особенно когда мы обнаруживаем, что несколько сотен семян или плодов различных растений крадут у нас возможность прокатиться за наш счет и с нашим раздражением. Крючки и зазубрины на различных семенных коробочках цепляются за шерсть проходящих мимо животных, и таким образом семена могут переноситься на значительные расстояния. Среди знакомых нам растений, обладающих подобными приспособлениями для незаконного перемещения, - клещи-попрошайки, или липучки-колготки, или, иногда называемые, календула (*bidens*), листовертка (*desmodium*), или раakitник (*xanthium*), и лопух (*arctium*).



Рис. 479.

Колючка двустворчатая, или колючка календулы, с колючими семенами.



Рис. 480.

Семенной коробочек клещевины древовидной (*desmodium*); справа некоторые крючки сильно увеличены.

892. У других растений, таких как некоторые виды осоки и т.д., обитающих по берегам ручьев и озер, есть семена, снабженные поплавками. Ветер или течение воды часто уносит их в отдаленные точки.

893. Многие растения обладают привлекательными приспособлениями и предлагают значительное вознаграждение в качестве платы за распространение своих семян. Фрукты и ягоды поедаются птицами и другими животными; семена, находящиеся внутри, часто остаются невредимыми и могут разноситься на большие расстояния. Крахмалистые и белковые семена и злаки также поедаются, и хотя многие из таких семян уничтожаются, другие не повреждаются и в конце концов оказываются в подходящих для роста местах, часто удаленных от первоначальной местности. Таким образом, животные вольно или невольно становятся посредниками в распространении растений по земле. Человек в развитии торговли часто несет ответственность за широкое распространение как вредных, так и полезных видов.

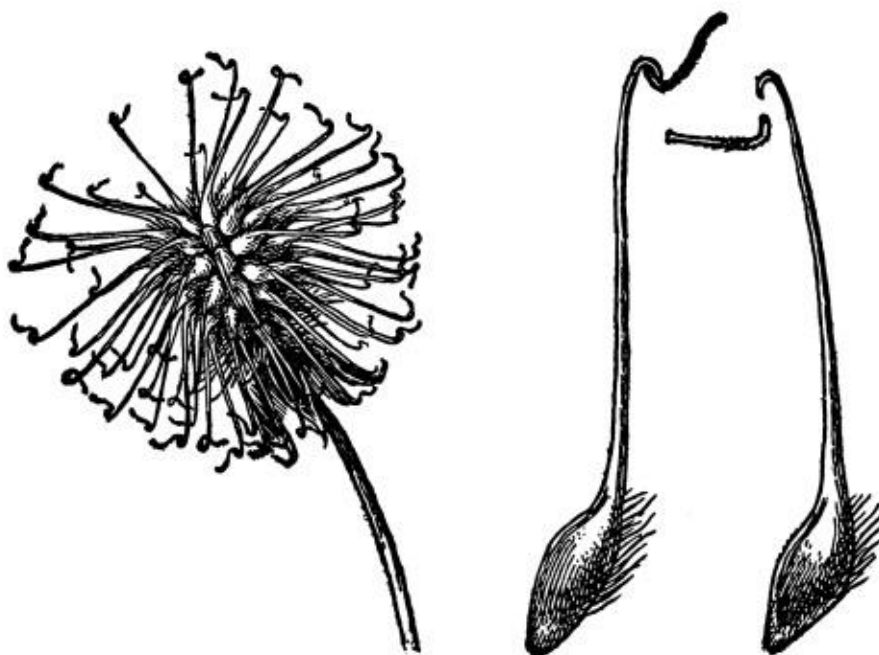


Рис. 481.

Косточки гема, показывающие крючки, на которых заостряется конец фасоли.

894. Другие растения более независимы, и для сильного выбрасывания семян из стручка или плода используются механизмы. Неравномерное натяжение стручков вики обыкновенной (*Vicia sativa*) при сушке приводит к неравномерному сокращению створок, и в сухой летний день створки скручиваются и тянутся в противоположных направлениях, пока внезапно не разорвутся, и семена с силой не будут отброшены на некоторое расстояние. У нетерпеливых, или, как их лучше называют, "не прикасайся ко мне", когда стручки созревают, часто малейшее прикосновение, или щепотка, или баночка освобождают пять клапанов, они внезапно сворачиваются, и мелкие семена разлетаются на несколько ярдов во всех направлениях. Осенью, в засушливые дни, стручки гамамелиса неравномерно сжимаются, створки внезапно раздвигаются, и семена выбрасываются.

У других растений семена снабжены пучками папул, или волосовидными массами, или крыловидными выростами, которые служат им опорой, когда они кружатся, часто на расстоянии многих миль. В конце весны или начале лета стручки ивы раскрываются, обнажая семена, каждое из которых покрыто пучком белых волосков, образующих массу мягкого пуха. Когда тонкие волоски высыхают, они распрямляются в виде рыхлого распускающегося пучка, который освобождает отдельные семена от плотной массы. Здесь они подхватываются воздушными потоками и уносятся поодиночке или небольшими облачками.

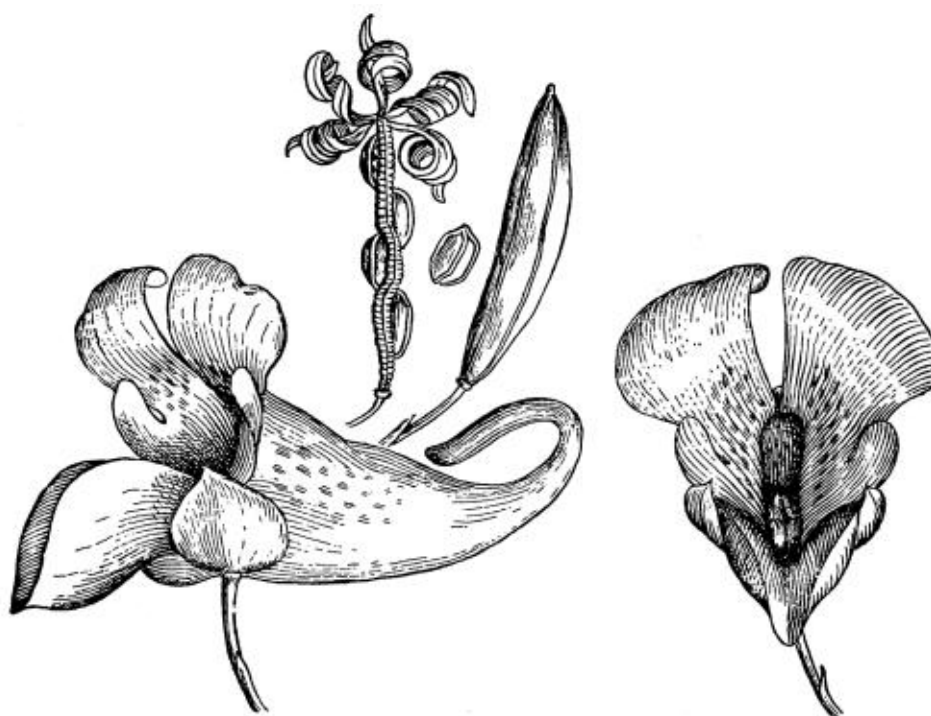


Рис. 482.

Не прикасайся ко мне (*Impatiens fulva*); вид цветка сбоку и спереди снизу; сверху нераспустившийся стручок, раскрывающийся для разбрасывания семян.

895. Листья колючего салата.—В конце лета или начале осени семена колючего салата-латука (*Lactuca scariola*) подхватываются ветром с обочин дорог и разносятся по полям, где они становятся непрошеными гостями. Это растение показано на [рис. 483](#).

896. Дикий салат-латук.—Родственный вид, дикий салат-латук (*Lactuca canadensis*) встречается на обочинах дорог и на границах полей и достигает около одного метра в высоту. Головки мелких желтых или фиолетовых цветков собраны в рыхлую или ветвящуюся метелку. Цветки довольно неприметные, лучи лишь немного выступают над верхушкой обволакивающих их прицветников, которые плотно прижимаются друг к другу, образуя головку цветка более или менее колбовидной формы.

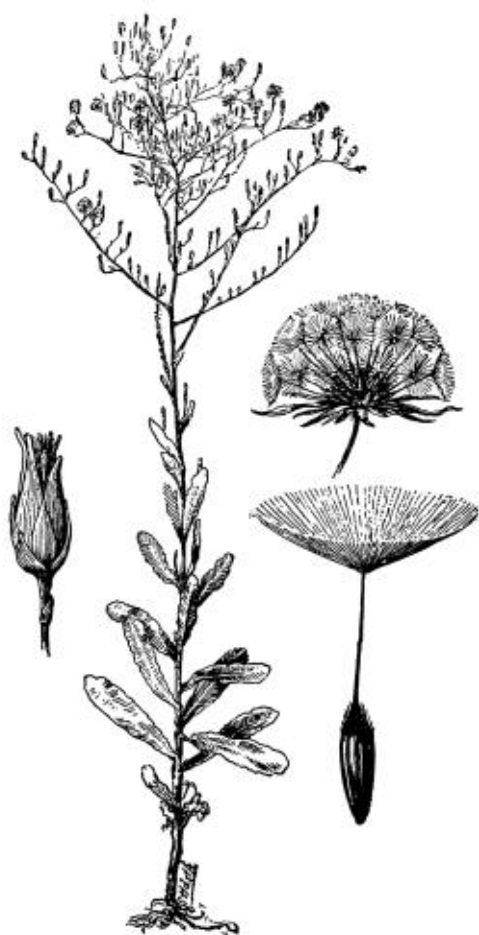


Рис. 483.
Lactuca scariola.

Во время цветения обертывающие прицветники несколько расправляются на верхушке, а кончики цветков становятся немного более заметными. Когда цветки увядают, прицветники снова плотно прижимаются друг к другу и головка закрывается. По мере созревания семян прицветники отмирают, а при высыхании изгибаются наружу и вниз, вокруг цветоноса внизу, или опадают. Таким образом обнажаются семена. Темно-коричневые семянки выступают над поверхностью цветоноса, каждая из них заканчивается длинным тонким клювом завязи. "Папоротник", который в изобилии встречается у многих растений семейства сложноцветных, образует здесь похожий на карандаш хохолок на кончике этого длинного клюва. Когда обволакивающие прицветники высыхают и загибаются книзу, папоротник тоже высыхает и при этом изгибается книзу и торчит наружу, ошестиниваясь, как спицы маленького колеса. Интересное совпадение, что это происходит одновременно с зарождением всех семян головки, так что концы зачатковых щетинок соседних семян сходятся, образуя многогранный купол нежной и красивой текстуры. Это приводит к тому, что клювы семянок раздвигаются, и с помощью рычага, воздействующего таким образом на семянки, они отрываются от гнезда. Таким образом, их уносит нежнейший зефир, и они уносятся прочь по ветру, как миниатюрный парашют. Когда они медленно опускаются в землю, семя, таким образом, сначала осторожно опускают так, чтобы оно коснулось земли в таком положении, чтобы конец, содержащий корень зародыша, соприкасался с почвой.

897. Молочай, или шелкопряд. Обыкновенный молочай, или шелкопряд (*Asclepias cornuti*), столь распространенный на плодородных почвах, привлекателен не только

своеобразными висячими цветочными гроздьями, но и красивыми поплавками, которыми он при порыве ветра отправляет свои семена в небо, чтобы в конце концов упасть на землю.

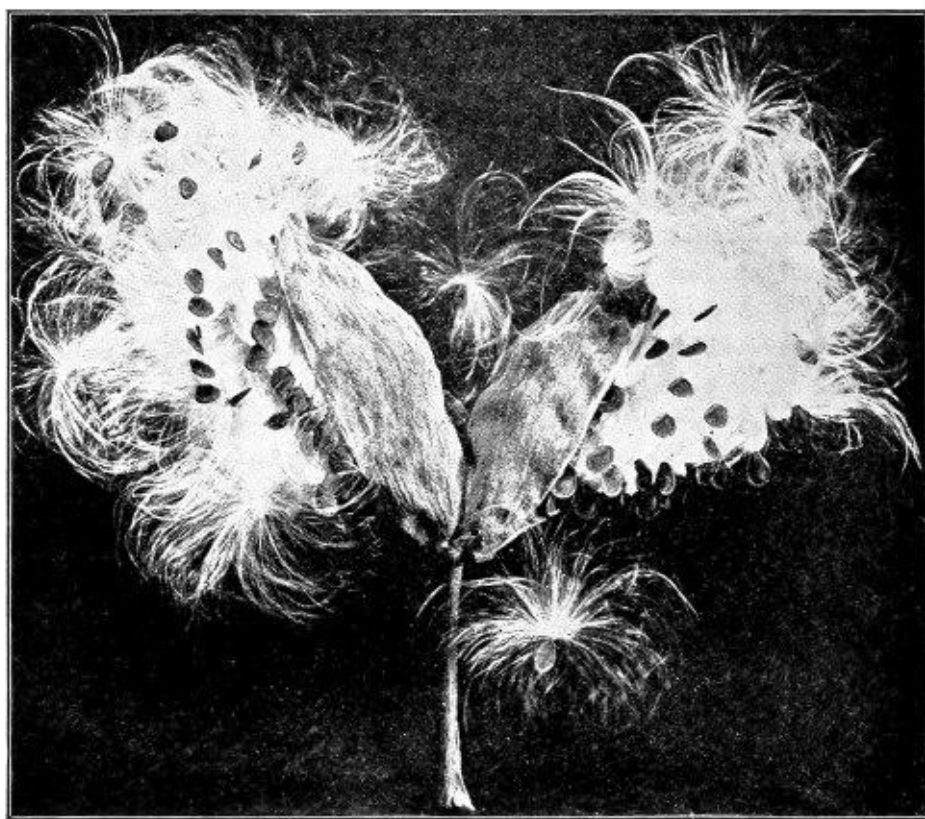


Рис. 484.

Молочай (*Asclepias cornuti*); распространение семян.

898. Поздней осенью крупные лодочковидные, сужающиеся к концу стручки наполняются овальными, приплюснутыми коричневыми семенами, которые рядами накладываются друг на друга, как черепица на крыше. Они создают красивую картину, когда стручок при высыхании расщепляется вдоль шва с выпуклой стороны и выставляет их на обозрение. Шелковистые пучки многочисленных длинных, нежных белых волосков на внутреннем конце каждого семени при высыхании ошетиываются и таким образом поднимают семена из их оболочки, где их подхватывает ветерок и часто уносит на большое расстояние, где они прорастут, если условия станут благоприятными, и займут свои места в качестве участников битвы за существование.

899. Обитель пресвятой девы.— Клематис виргинский (*Clematis virginiana*), также карабкающийся по изгородям и кустарникам, демонстрирует, что превратил свои изысканные белые цветочные гроздья в серовато-белые пучки, которые при осенних порывах ветра распускаются на сотни спиральных перьев со стреловидными головками. Семянки имеют перистые формы, а спиралевидная форма пера придает странный изгиб падающему семени ([рис. 485](#)).

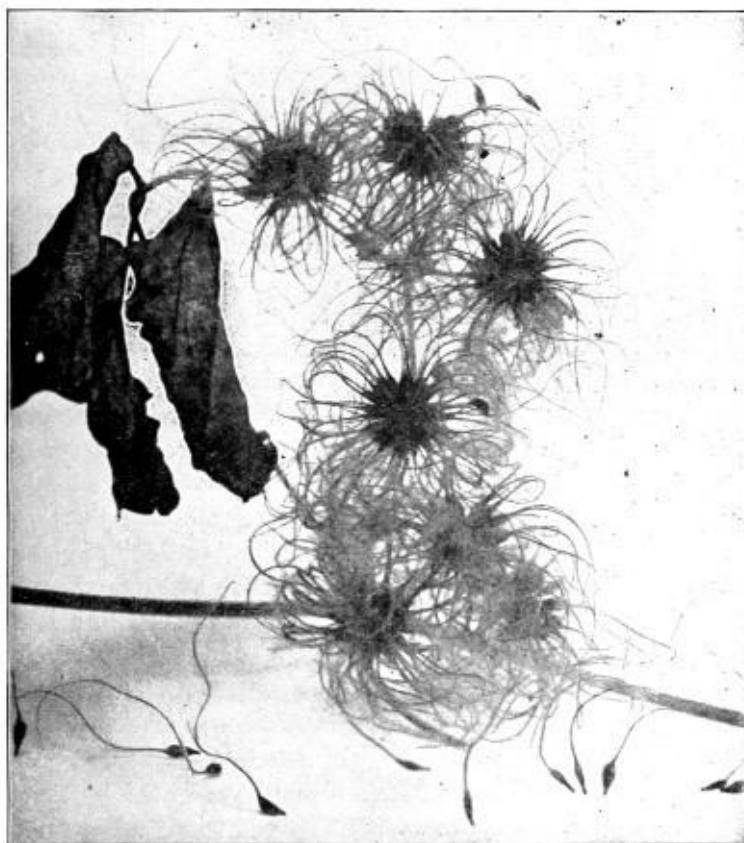


Рис. 485.
Распределение семян клематиса виргинского.

ГЛАВА XLVI. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ В СВЯЗИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.^[47]

I. Факторы, влияющие на типы растительности.

900. Все растения подвержены влиянию окружающей среды с того момента, как семя начинает прорасти, до тех пор, пока семя не сформируется снова, или пока растение не перестанет жить. Для прорастания семян необходимо соответствующее количество тепла и влаги. Влага может присутствовать, но если слишком холодно, прорастание не произойдет. Таким образом, во всех процессах жизнедеятельности существует несколько условий окружающей среды, или “снаружи” растений, которые должны быть благоприятными для успешного роста и размножения. Это не только верно, но и окружение растений в значительной степени определяет вид растений, которые могут расти в конкретных населенных пунктах. Также очевидно, что реакция окружающей среды на растения в значительной степени привела к тому, что они приобрели определенные формы и структуры, которые лучше подходят им для существования в местных условиях. В других случаях, когда растения изменились в результате мутации ([стр. 338](#)), некоторые из новых форм могут быть более приспособлены к условиям окружающей среды, чем другие, и они более склонны к выживанию. Эти условия окружающей среды, действующие на растение, являются *факторами*, которые оказывают важное определяющее влияние на существование, среду обитания, привычки и форму растения. Об этих факторах иногда говорят как об *экологических факторах*, а об изучении растений в этом отношении иногда говорят как об экологии,^[48] что означает изучение растений в их домашних условиях или изучение отношений растений в домашнем хозяйстве. Эти факторы бывают трех видов: 1-й - физические факторы; 2-й - климатические факторы; 3-й - биотические факторы.

901. Физические факторы.—Некоторыми из этих факторов являются вода, свет, тепло, ветер, химическое или физическое состояние почвы и т.д. *Вода* является очень важным фактором для всех растений. Даже те, что растут на суше, содержат большой процент воды, которая, как мы видели, быстро теряется при транспирации, и если вода не доступна для поглощения корнями, растение вскоре страдает, а водные растения очень быстро повреждаются из-за высыхания при извлечении из воды. Избыток почвенной влаги вреден для некоторых растений. *Свет* важен для фотосинтеза, определения направления роста, а также для формирования подходящих листьев у большинства растений и оказывает влияние на структуру листа в зависимости от того, какой свет может быть сильным, слабым и т.д. *Тепло* оказывает большое влияние на рост растений и на распределение растений. Период роста большей части растительности начинается при температуре 6 ° C (= 43 ° F.), или в тропиках при 10 ° -12 ° C. Но для размножения обычно необходима гораздо более высокая температура. Однако некоторые арктические водоросли плодоносят при температуре 1,8 ° C. Верхний предел, благоприятный для растений в целом, составляет 45-50 ° C, в то время как оптимальная температура ниже этой. Очень высокие температуры вредны и смертельны для большинства растений, но некоторые водоросли растут в горячих источниках, где температура достигает 80-90 ° C. Некоторые растения пустыни способны переносить температуру 70 ° C, в то время как некоторые цветущие растения других регионов погибают при 45 ° C. Некоторые растения особенно чувствительны к холоду, но большинство растений, пострадавших от замерзания, страдают, потому что замораживание - это процесс высыхания протоплазмы ([см. стр. 374](#)). *Ветер* может служить полезным целям для опыления и аэрации, но сильные ветры повреждают растения, вызывая слишком быстрое испарение, вырубая деревья, ломая части растений, деформируя деревья и кустарники, а также нанося механические повреждения в результате “пескоструйной обработки”. *почвопокровные* покрытия защищают растения несколькими способами. Снег

зимой сдерживает излучение тепла от земли, чтобы она не промерзала на такую большую глубину, и это очень важно для многих деревьев и кустарников. Это также предотвращает попеременное замерзание и оттаивание почвы, что “поднимает” некоторые растения из почвы. Листья и другие растительные остатки мульчируют почву и препятствуют испарению воды. Влияние *химического состояния* почвы очень заметно в щелочных районах, где концентрация соли в почве допускает существование очень ограниченного спектра видов. Таким образом, физические и механические условия почвы влияют на растения, потому что содержание влаги в почве очень тесно зависит от ее физического состояния. Каменистая и щебнистая почва, при прочих равных условиях, сухая. Глина лучше удерживает влагу, чем песок, и влажность также варьируется в зависимости от процента смешанного с ней гумуса, причем гумус увеличивает процент удерживаемой влаги.

902. Климатические факторы.—Эти факторы действуют на очень больших территориях. Существуют два климатических фактора: количество осадков или влажность атмосферы и температура. Очень низкое годовое количество осадков в теплых или тропических странах приводит к образованию пустынь; обилие дождей способствует росту лесов; экстремальные холода препятствуют росту лесов и приводят к низкой растительности арктических и альпийских регионов.

903. Биотические факторы.— Это животные, которые благоприятно действуют при опылении, распространении семян или неблагоприятно при уничтожении или повреждении растений, и сам человек является одним из величайших агентов, сдерживающих рост одних растений и способствующих росту других. Растения также реагируют на самих себя множеством способов, как на добро, так и на зло. Одни паразитируют на других; некоторые в симбиозе ([см. стр. 85](#)) помогают добывать пищу; теневые растения защищены теми, которые нависают над ними; грибы и другие грибки разлагают мертвые растения, образуя гумус и, наконец, растительную пищу; некоторые бактерии путем нитрификации получают нитраты для высших растений ([см. стр. 83](#)).

II. Типы и структуры растительности.

904. Отзывчивый тип растительности.—При изучении растительности в связи с окружающей средой нас больше интересует форма растений, которая позволяет им существовать в местных условиях, чем классификация растений в соответствии с природными взаимоотношениями. Растения могут иметь один и тот же тип растительности, расти бок о бок и при этом принадлежать к очень разным флористическим типам. Например, кактус, юкка, трехлистный сумах, шалфей и т.д. Имеют один и тот же общий тип растительности и процветают в пустынных регионах. Красные дубы, вязы, многие золотарники, триллиумы и т.д. Имеют один и тот же общий тип растительности, но представляют собой совершенно разные флористические типы. Последние растения произрастают в регионах с обильными осадками в течение всего года, где вегетационный период не очень короткий, а температурные условия умеренные. Некоторые золотарники растут на очень песчаной почве, которая быстро пересыхает. У них мясистые или сочные листья для хранения воды, и хотя они относятся к тому же флористическому типу, что и золотарники, растущие в других местах, тип растительности сильно отличается. Типы растительности, которые подходят растениям для выращивания в особых регионах или в особых условиях, они приобрели в ответ на влияние условий окружающей среды. Хотя мы находим все градации между различными типами растительности, рассматривая растительность в широком смысле, можно выделить несколько типов, которые были предложены Вармингом следующим образом:

905. Мезофиты.— Они представлены наземными растениями в умеренных климатических и почвенных условиях. Нормальная наземная растительность нашего

региона с умеренным климатом состоит из мезофитов, то есть растения имеют мезофитную структуру в течение вегетационного периода. Примерами могут служить лиственные леса или заросли деревьев и кустарников с их подлеском, луга, пастбища, прерии, сорняки и т.д. В тех частях тропиков, где выпадает много осадков, растительность мезофитная круглый год.

906. Ксерофиты.— Это растения, которые снабжены структурами, позволяющими им жить в суровых условиях засухи, где воздух и почва очень сухие, как в пустынях или полупустынях, или где почва очень сухая или не удерживает влагу, как в очень песчаной почве, которая находится над уровнем грунтовых вод, или в каменистых районах. Поскольку растения не могут получать много воды из почвы, они должны быть снабжены конструкциями, которые позволят им удерживать то небольшое количество, которое они могут поглотить из почвы, и медленно отдавать его. В противном случае они высохли бы от испарения и погибли. Некоторыми из структур, которые позволяют ксерофитным растениям выдерживать условия сухого климата и почвы, являются уменьшенная листовая поверхность, увеличение толщины листа, увеличение толщины кутикулы, глубоко западающие устьица, компактный рост, а также сочные листья и стебли, и в некоторых случаях потеря листа. Вечнозеленые растения северного умеренного пояса и арктики являются ксерофитами.

907. Гидрофиты.— Это растения, которые растут в пресной воде или в очень влажных условиях. Листья воздушных гидрофитов очень тонкие, имеют тонкую кутикулу и легко теряют воду, так что, если воздух становится достаточно сухим, они рискуют пересохнуть, даже если корни могут получать достаточное количество воды. Водные растения, которые полностью погружены в воду, часто имеют тонкие листья, или очень мелко разделенные, или тонкие, поскольку они менее подвержены разрыву потоками воды. Стебли тонкие и особенно лишены укрепляющей ткани, поскольку вода поддерживает их на плаву. Извлеченные из воды, они поникают под действием собственного веса и вскоре засыхают. Стебли и листья имеют большие межклеточные пространства, заполненные воздухом, который способствует аэрации и диффузии газов. Некоторые используют термин *гигрофиты*.

908. Галофиты.— Это солелюбивые растения. Они растут в соленой воде или на солончаках, где вода солоноватая, или в почве, содержащей высокий процент определенных солей, например, в щелочных почвах Запада, особенно в так называемых “Плохих землях” Дакоты и Небраски, а также в щелочных почвах Юго-Запада и Калифорнии. Эти растения способны выдерживать более высокую концентрацию солей в воде, чем другие растения. Они также встречаются в почве около соляных источников.

909. Тропофиты.^[49]—Тропофиты - это растения, которые могут жить как мезофиты в течение вегетационного периода, а затем переходить к ксерофитному образу жизни в сезон покоя. Листопадные деревья, кустарники и многолетние травы наших регионов с умеренным климатом являются в этом смысле тропофитами, в то время как многие из них одновременно являются мезофитами, если они произрастают в тех частях региона с умеренным климатом, где выпадает много осадков. Весной и летом у них широкие и сравнительно тонкие листья, транспирация происходит быстро, но в почве достаточно влаги, так что поглощение корнями быстро восполняет потерю и растение не страдает. Осенью деревья сбрасывают листья, и в таком состоянии с голыми ветками они способны выдерживать иссушающий эффект зимнего холода и ветров, потому что транспирация сейчас минимальна, в то время как поглощение корнями также минимально из-за холодного состояния почвы. Многолетние травы, такие как триллиум, дентария, золотарник и др., Приобретают ксерофитный вид из-за отмирания их надземных побегов, в то время как

толстый подземный побег, который также защищен своим подземным покровом, сохраняет растение в течение зимы.

910. Хотя эти различные типы растительности обычно доминируют в определенных климатических регионах или при определенных почвенных условиях, они не являются исключительными типами растительности этих регионов. Например, в пустынных или полупустынных регионах доминирующий тип растительности составляют ксерофиты. Но даже в пустынях существует мезофитная флора, которая появляется в сезон дождей, когда температурные условия благоприятны для роста. Иногда об этом говорят как о флоре сезона дождей. Растения являются однолетними и за счет образования семян могут сохраняться в течение засушливого сезона. Таким образом, в регионе, где произрастают мезофиты, есть ксерофиты, примерами которых являются вечнозеленые растения, такие как сосны, ели, рододендроны; или суккулентные растения, такие как очиток, портулак и т.д. Тогда среди гидрофитов полуводными на самом деле являются ксерофиты. Корни находятся в воде, и впитывание происходит медленно, потому что корневых волосков нет или их немного, а надземные части растения ксерофитные.

III. Растительные образования.

911. Термин "растениевидение" применяется к ассоциациям растений одного и того же вида, хотя существует большая разница в использовании этого слова разными авторами, что приводит к некоторой путанице.^[50] Иногда он применяется к ассоциации особей вида или нескольких видов, занимающих довольно определенный участок земли, где почвенные условия не сильно различаются (индивидуальная формация); другими он применяется к растениям определенной физико-географической зоны, такой как болото, вересковая пустошь, отмель или пляж, берег, каменистый холм, глинистый холм, овраг, обрыв и т.д. (основная формация); и в широком смысле применяется к растениям климатических регионов, водоемов и т.д. (общие формации). Здесь слишком мало места для обсуждения всех этих типов образований, но природа общих образований будет указана. Общие образования могут быть сгруппированы в четыре раздела:

1. Климатические образования.

2d. Эдафические образования.

3d. Водные образования.

4. Культурные образования.

912. Климатические образования.—Климатические влияния распространяются на обширные регионы, так что климат контролирует общий тип растительности региона. В смысле контроля существуют два климатических фактора, температура и влажность, особенно влажность почвы. Температура оказывает регулирующее влияние на тип растительности только там, где общее количество тепла в период роста и размножения очень низкое. Это происходит в полярных странах и на больших высотах, где климат альпийский. В умеренных и тропических регионах земного шара влажность, а не тепло, определяет общий тип растительности. Эти типы растительности в целом совпадают с распределением осадков, и Шимпер выделяет здесь три типа, которые вместе с арктическо-альпийским типом образуют следующие четыре климатических образования:

1-й. *Лесная формация.*— Это образование характеризуется наличием деревьев и кустарников, и это то, что называется *сомкнутым* образованием. Под этим подразумевается, что с точки зрения климата условия благоприятны для развития деревьев и кустарников в таком изобилии, что они становятся доминирующим типом растительности в регионе и растут близко друг к другу. Встречаются и другие растения, такие как травы, разнотравье и

т.д., Но они растут как подчиненные элементы общего типа растительности и как подлесок. Таким образом, сухопутная часть земного шара, за пределами арктических и альпийских регионов, где годовое количество осадков составляет от 40 до 60 и более дюймов, является зоной формирования лесных массивов. В некоторых местах, например, в восточной части Англии, годовое количество осадков составляет от 25 до 30 дюймов, но прохладная температура позволяет расти лесам. Это правда, что есть места, где леса не растут, — например, там, где их вырубает человек. Но если бы возделываемым землям в этом регионе было позволено пустовать, со временем они снова заросли бы лесом. Таким образом, существуют болота, где почва слишком влажная для деревьев, или песчаные или каменистые участки, где нет достаточного количества почвы или воды для поддержки лесных деревьев. Но здесь именно почвенные условия, а не климатические, препятствуют развитию леса. Но мы знаем, что болота засыпаются, а почва постепенно становится выше и суше, и что почва медленно накапливается на каменистых участках, так что со временем, если предоставить ее силам природы, эти места зарастут лесами. Таким образом, эта область с обильными годовыми осадками является *потенциальной* лесной зоной. Эти районы определяются теплыми потоками насыщенного влагой воздуха с океана, движущимися над более прохладными участками суши, где влага выпадает в осадок. В основном эти районы расположены вдоль побережий больших континентов и в горах. Следовательно, внутренняя часть континента обычно сухая, потому что большая часть влаги выпадает в осадок до того, как она достигает внутренней части. Таким образом, пустыни или степи обычно находятся вблизи внутренней части континентов. Встречаются некоторые исключения из этого общего правила: центральная Южная Америка, которая является регионом с исключительным количеством осадков, поскольку насыщенные влагой ветры дуют сюда из самой теплой части океана; пустынный регион к западу от Анд, где ветры неблагоприятны; южная Калифорния, где ветры дуют в основном из более прохладной части Тихого океана и перемещаются над областью с высокой температурой и т.д.

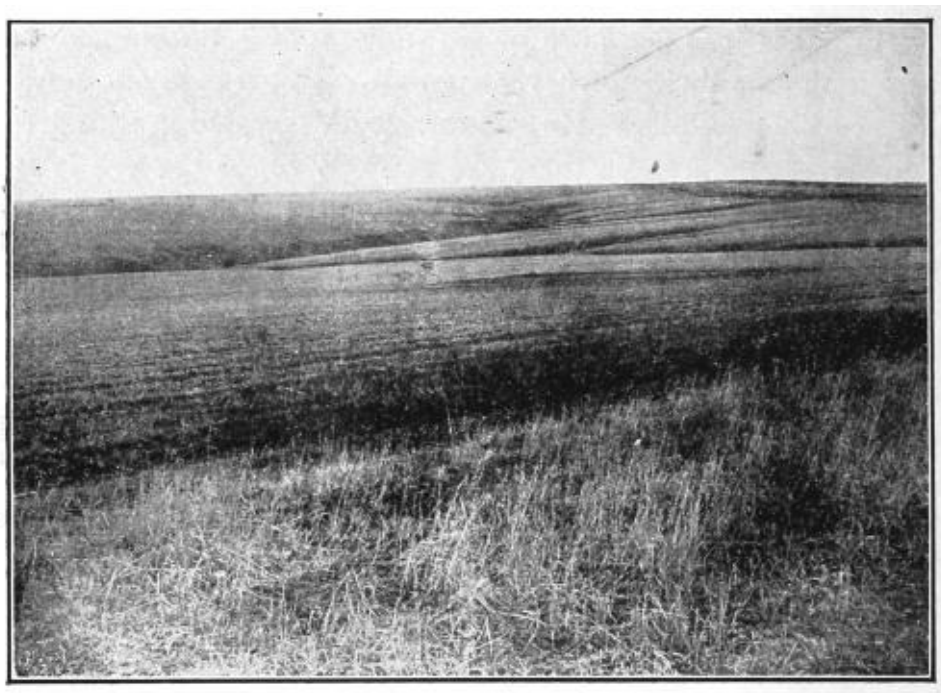


Рис. 486.

Типичная картина прерий в нескольких милях к западу от Линкольна, Небраска. (Бот. Кафедра университета. Небраска.)

2d. *Формирование пастбищ.*—Травы образуют доминирующий тип растительности, где годовое количество осадков составляет примерно от 15 до 25 дюймов. На настоящих лугах формирование происходит быстро, поскольку все еще имеется достаточное количество влаги для обеспечения всех растений, которые могут стоять на земле. Однако влаги недостаточно, чтобы позволить произрастать лесам как доминирующему типу без помощи и защиты со стороны человека. Примером могут служить так называемые прерийные регионы. Деревья и кустарники действительно встречаются, но они не могут успешно конкурировать с травами, потому что климатические условия благоприятны для последних и неблагоприятны для первых. На границе между лесом и прерией линия разделения не является четкой, поскольку условия варьируются от одного к другому. Эти два формирования несколько смешаны, подобно аванпостам противоборствующих армий, здесь и там простираются рукава леса или прерии. В Соединенных Штатах прерии простираются от Иллинойса примерно до 100-го меридиана, а за его пределами до предгорий Скалистых гор и на юго-запад до пустыни Сонора-Невада регион более сухой, количество осадков колеблется от 10 до 20 дюймов. Это территория Великих равнин, и, хотя преобладают травы типа пучков, они образуют более или менее открытую формацию, потому что влаги недостаточно для питания всех растений, которые могли бы расти на земле, каждому отдельному пучку нужен окружающий его участок земли, на котором он мог бы черпать влагу. Такое образование является открытым и в этом отношении похоже на пустынные образования.

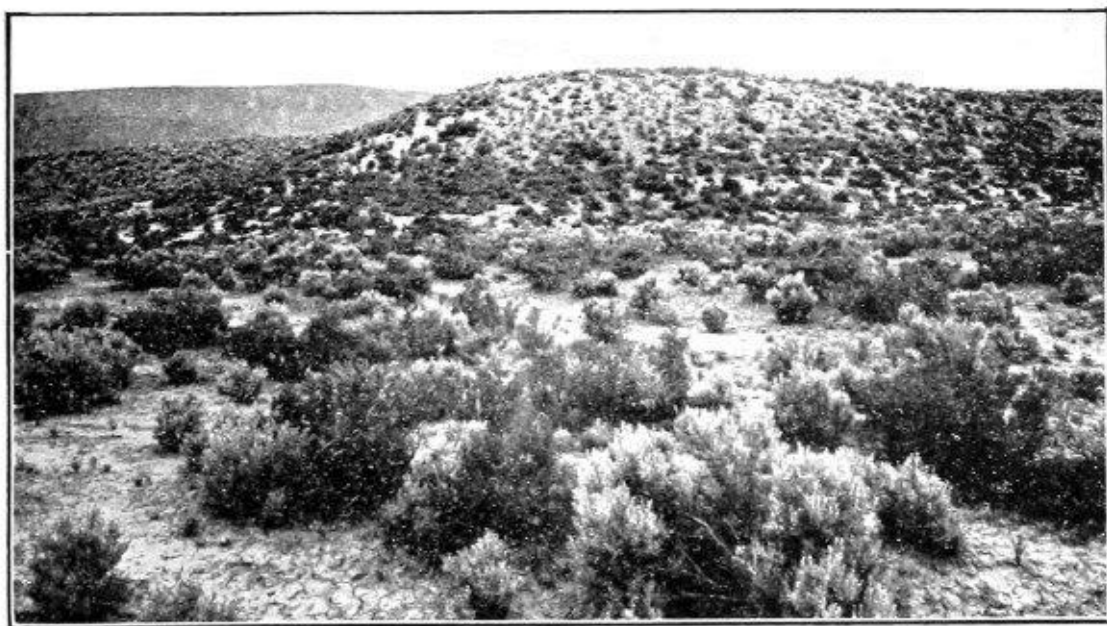


Рис. 487.

Зимний хребет на северо-западе штата Невада, изображающий открытую формацию; белый шалфей (*Eurotia lanata*) на переднем плане, соляной куст (*Atriplex confertifolia*) и бутоновый шалфей (*Artemisia spinescens*) у подножия холма, красный шалфей (*Kochia americana*) на более высоком склоне. (В честь Гриффитса, ул. 38, Завод бюро в штате Индиана, Департамент сельского хозяйства США)

3d. *Пустынные образования.*— Это происходит там, где годовое количество осадков еще ниже, от 10 до 4 дюймов или даже меньше, от 2 до 3 дюймов, в то время как в одном месте в Чили оно составляет всего $\frac{1}{2}$ дюйма. В великой пустыне Сахара он составляет около 8 дюймов, в то время как в пустыне Сонора-Невада на юго-западе Соединенных Штатов он составляет от 4 до 8 дюймов. Здесь формация открытая. В лесных и прерийных формациях

растения конкурируют друг с другом за занятие земли, поскольку климатические условия благоприятны, так что борьба с климатом не является суровой. Но в пустыне растения не конкурируют друг с другом; поскольку климат такой суровый, борьба ведется против климата. Следовательно, растения стоят на некотором расстоянии друг от друга, потому что корни нуждаются во влаге из земли на некотором расстоянии вокруг них. Влаги не хватает для всех зарождающихся растений, и те, которые получают начало, забирают влагу у промежуточных, которые затем погибают. Поскольку борьба ведется с неблагоприятными климатическими условиями, а не конкуренция между растениями за занятие земли, ни один флористический тип не доминирует, как в случае с травами и лесами лугопастбищных и редколесных формаций, но лугопастбищные и редколесные типы произрастают вместе. Таким образом, мы находим травы, деревья и кустарники, растущие в пустыне без конкуренции. Доминирующий тип растительности - ксерофитный.

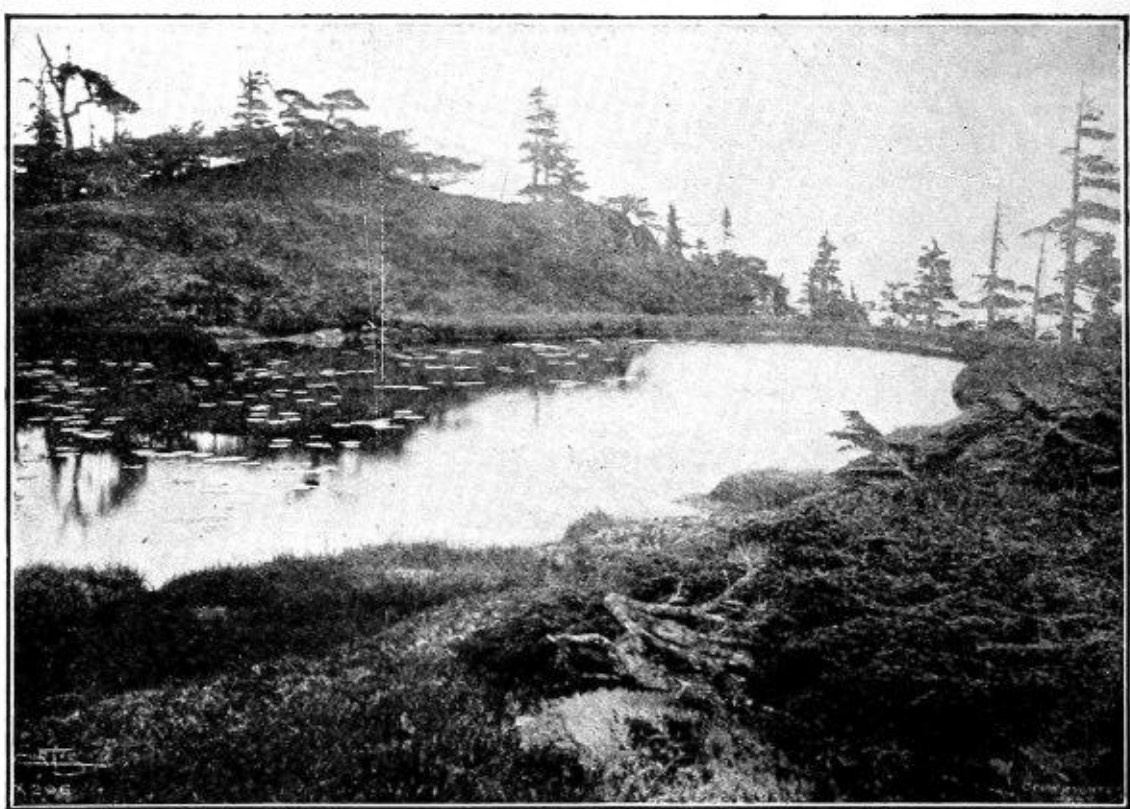


Рис. 488.

Северная граница произрастания деревьев, Аляска. (Авторское право, 1899, Э. Х. Гарриман.)

4. *Арктическо-альпийская формация.* Эта формация простирается от пределов роста деревьев до области вечных льдов и снегов. Лес здесь конкурирует с климатом, с суровым холодом долгих зимних ночей, так что рост деревьев ограничен, а на границе с лесным массивом деревья низкорослые, склонившиеся набок из-за обильных снегопадов, или верхушки ломает холодный ветер. Об арктической зоне произрастания растений иногда говорят как о “холодной пустоши”, поскольку условия здесь в чем-то схожи с условиями в пустыне, экстремальный холод оказывает иссушающее действие на растительность, и тип растительности в этом случае в значительной степени ксерофитный.

913. Эдафическая ^[51] образования.—Эдафические образования могут возникать в любой из климатических зон. Они зависят от состояния почвы. Состояние почвы неблагоприятно для роста общего типа растительности данного региона или более благоприятно для другого типа растительности, так что почвенные условия преобладают над климатическими. Эти области включают болота, вересковые пустоши, стрэнд или пляж,

скалистые участки и т.д., А также оазисы в пустыне, теплые оазисы в арктической зоне, дно рек в прериях и равнинном регионе, щелочные районы и т.д. Эдафические образования могут быть закрытыми или открытыми в зависимости от характера почвы. Затем эдафические образования проникают в климатические образования, различные типы растительности складываются друг с другом подобно кусочкам мозаики, которые в некоторых местах можно увидеть с вершины горы, или если посмотреть на ландшафт с высоты птичьего полета, или с воздушного шара.

914. Водные образования.— Они состоят из водных растений и бывают двух основных видов: пресноводные растительные образования в прудах, озерах, ручьях; и соленоводные растительные образования в океане и внутренних соленых морях.

915. Культурные образования.—Культурные образования в значительной степени контролируются человеком, который разрушает климатические или эдафические образования и путем возделывания защищает возделываемые виды, или, позволяя земле превращаться в “отходы”, допускает рост сорняков, хотя сорняки часто в изобилии встречаются на культурных площадях. В целом культурные образования могут быть сгруппированы в два подразделения: 1-е - растительность возделываемых мест; и 2-е - растительность заброшенных мест, таких как заброшенные поля, обочины дорог и т.д.

IV. Растительные сообщества.

916. Растительные сообщества представляют собой несколько определенные ассоциации растительности местности, отмеченной физико-географическими условиями. Единое растительное сообщество почти, если не полностью, идентично “*основной формации*”, но является более популярным выражением и, кроме того, включает все растения, произрастающие на данной территории, в то время как при использовании термина “*основная формация*” мы имеем в виду главным образом доминирующие растения и наиболее заметные второстепенные виды.

917. Сложный характер растительных сообществ.—При самом широком анализе все растительные сообщества сложны. В каждом растительном сообществе есть один или несколько доминирующих видов, особи которых из-за их численности и размера придают ему особый характер. Общество может быть настолько чистым, что кажется, будто оно состоит из особей одного вида. Но даже в таких случаях есть небольшие и бросающиеся в глаза растения других видов, которые занимают промежутки между доминирующими. Обычно в одном и том же обществе существует несколько или более видов. Более крупные особи соревнуются за первое место в отношении почвы и освещения, более мелкие - за промежуточные пространства для тени, и так далее по шкале размеров и теневыносливости. Затем вьющиеся растения (лианы) и эпифиты (лишайники, водоросли, мхи, папоротники, древовидные орхидеи и т.д.) Получают доступ к свету и поддержке, разрастаясь на других более крупных и крепких членах общества.

Паразиты (повилика, омела, ржавчина, головня, плесень, бактерии и т.д.) Присутствуют, фактически или потенциально, во всех обществах, и их методы добывания пищи подрывают жизнь и здоровье их хозяев. Затем появляются падальщики, чья работа заключается в том, чтобы, так сказать, очистить дом от огромной армии сапрофитных грибов (плесени, опят и т.д.) И бактерий, готовых захватывать мертвые и отмирающие листья, ветви, стволы, корни и т.д., разлагать их и превращать в гумус, где другие грибы преобразуют их в форму, в которой более крупные представители растительного сообщества могут использовать их в качестве растительной пищи и, таким образом, продолжать круговорот материи через жизнь, смерть, разложение и снова к жизни. Возникает микориза (см. [Главу IX](#)) или другие формы мутуалистического симбиоза, которые делают атмосферный азот доступным для употребления в пищу, или сокращают путь от гумуса к доступной пище, или гумусовые

растения питаются гумусом непосредственно. Мы также не должны упускать из виду мириады нитратных бактерий (см. [Главу IX](#)), которые делают определенные вещества в почве доступными для высших членов общества. Животные также приносят пользу большинству растительных сообществ или оказывают на них глубокое влияние другими способами, такими как насекомые, посещающие цветы, птицы, питающиеся вредными насекомыми, черви, которые разрыхляют почву и покрывают мертвые органические вещества, чтобы они могли более тщательно разлагаться. Короче говоря, каждое растительное сообщество - это огромный космос, подобный самой вселенной, частью которой оно является, где действуют многочисленные формы, процессы, влияния, эволюции, вырождения и регенерации.

918. Лесные общества.^[52]—Каждый отдельный климатический пояс или регион имеет свой характерный лес. Например, леса Гудзоновской зоны в Северной Америке отличаются от лесов канадской зоны, а они, в свою очередь, отличаются от лесов переходной зоны (в основном на севере Соединенных Штатов). Леса Скалистых гор и Тихоокеанского побережья отличаются от лесов Аллегании, Каролины (в основном средняя часть Соединенных Штатов) или Австрорипарии (юг Соединенных Штатов). Наконец, тропические леса разительно отличаются от лесов других регионов. Аналогичные различия наблюдаются в лесах других регионов земного шара. Характер этих лесов во многом зависит от климатических факторов. Однако характер леса варьируется даже в одной и той же климатической зоне в зависимости от почвенных условий или успеха в посеве и закреплении различных видов в конкурентной борьбе и т.д.

919. Общая структура леса.—Структурно лес состоит из трех подразделений: подстилки, полога и внутренней части. Подстилка - это поверхностная почва, на которой растут корни деревьев, покрытая листовой плесенью и ковром из листьев, мхов или другой низкой, более или менее компактной растительности. Навес образован раскидистой листвой крон деревьев, которые в лесу с ровным и регулярным древостоем сходятся и образуют сплошную массу листвы, сквозь которую проникает некоторое количество света внутрь. Там, где древостой неправильной формы, то есть деревья разной высоты, полог называется "составным" или "многоэтажным". Там, где он неровный, в кроне есть открытые места, пропускающие больше света, и в этом случае подлесок может быть другим. Внутренняя часть леса находится между кроной и подстилкой. Это обеспечивает аэрацию пола и находящихся внутри людей, а также пространство для стволов деревьев (называемых лесниками древесной массой леса), которые поддерживают полог и обеспечивают каналы для связи и обмена пищей между полом и пологом. Навес производит углеводную пищу и усваивает минеральные и белковые вещества, поглощаемые корнями в почве; а также избавляется от излишков воды, необходимой для транспортировки пищевых материалов с пола к месту их переработки. Это место, где создается энергия для работы, а также место для выращивания семян.



Рис. 489.

Зрелый лес секвой (*Sequoia sempervirens*). (Бюро лесного хозяйства, Департамент сельского хозяйства США, Бюлл. 38.)

920. Долголетие леса.—Лес способен к самовоспроизводству, и, за исключением необычных стихийных бедствий или действий человека, он должен жить бесконечно. По мере отмирания старых деревьев их постепенно заменяют более молодые. Так что, хотя деревья могут появляться и исчезать, лес длится вечно.

921. Осенние краски.—Одним из поразительных эффектов, производимых лиственными лесами, является осенняя окраска листьев. Это более выражено в лесах Соединенных Штатов, чем в соответствующих зонах обитания в восточном полушарии из-за большего количества видов. При распаде хлорофилловых телец появляются другие цвета, которые в некоторых случаях были замаскированы зеленым. В других случаях продукты разложения приводят к образованию других цветов, таких как красный, алый, желтый, коричневый, фиолетовый, бордовый и т.д., у разных видов. Считается, что эти красящие вещества в некоторой степени защищают азотистые вещества, содержащиеся в листьях, от повреждения. Цвета поглощают солнечные лучи, которые в противном случае могли бы разрушить эти азотистые вещества до того, как они пройдут обратно через черешок листа в стебель, где их можно будет использовать в пищу. Таким образом, великолепная окраска, которую приобретают листья многих деревьев и кустарников, является одним из многих полезных приспособлений растений.

922. Важность леса в отводе осадков.—Важность леса в отводе осадков очень велика. Большое скопление гумуса на лесной подстилке сдерживает поступление воды как за счет поглощения, так и за счет ограничения ее стока, так что она не сразу быстро стекает со склонов в дренажную систему долины. Он проникает в почву. Большая его часть содержится

в гумусе и почве. То, что не удерживается, таким образом, медленно просачивается через почву и более постепенно выносится в долинные ручьи и горные притоки, так что период наводнения продлевается, а его ущерб уменьшается или полностью предотвращается, поскольку уровень воды, движущейся в любой момент времени, не является опасно высоким. Зимой снег затеняется, а весной медленно тает, и весенний паводок, таким образом, уменьшается. Действие листьев и перегноя, задерживающих сток воды, предотвращает вымывание почвы; корни деревьев также связывают почву и помогают удерживать ее.

923. Отсутствие лесов способствует серьезным наводнениям.—Сильные наводнения на Миссисипи и ее притоках вызваны скоростью, с которой обильные осадки стекают с холмистых прерий запада и из обезлесенных районов к западу от системы Аллегани. Серьезные наводнения, произошедшие в последние годы в некоторых штатах Южной Атлантики, частично вызваны увеличением площади вырубки лесов в системе Блу-Ридж и южной Аллегани.

924. Сообщества прерий и равнин.— Их можно найти в формации пастбищ. В прериях "луга" образуются в низинах вблизи русел рек, где в почве больше влаги. Травы здесь в основном являются "дернинообразующими", у которых есть ползучие подземные стебли, которые переплетаются друг с другом, образуя плотный дерн. На более возвышенных и сухих участках преобладают "пучковые" травы, такие как буйволиная трава, бородавчатая трава или ракитник и т.д., А в более сухих регионах по мере приближения к условиям пустыни растительность постепенно приобретает все более пустынный характер, так что на равнинах встречаются кустарники шалфея, кактусы опунции и т.д. Помимо доминирующей растительности сообщества, существуют второстепенные виды, и сообщества особенно отмечены весенней и осенней флорой с заметными цветущими растениями, которые смешаны с травами.

925. Общества в пустыне.— Они состоят из растений, которые обладают формой или структурой, позволяющими им существовать в очень сухом климате, где воздух очень сухой, а почва содержит мало влаги. Настоящие пустынные растения многолетние. Период роста и цветения приходится на сезон дождей или те части сезона дождей, когда температура благоприятна, и они отдыхают в течение очень сухого сезона и холодов. Характерными растениями пустыни являются кактусы с толстыми сочными зелеными стеблями или массивными стволами, листья на которых отсутствуют или превратились в простые колючки, которые больше не участвуют в фотосинтезе; юкки с толстыми, узкими и длинными листьями с твердой и толстой кутикулой; небольшие кустарники или травы с компактной округлой формой и маленькими толстыми серыми листьями. Все эти конструкции сохраняют влагу. Мескитовое дерево - одно из распространенных деревьев в некоторых частях пустыни Сонора-Невада. Помимо настоящих пустынных растений, в пустынных сообществах есть флора сезона дождей, состоящая из однолетних растений, которые могут прорасти, вегетировать, цвести и давать семена в период дождей и до того, как влажность почвы в значительной степени исчезнет, и они проходят период покоя в виде семян.

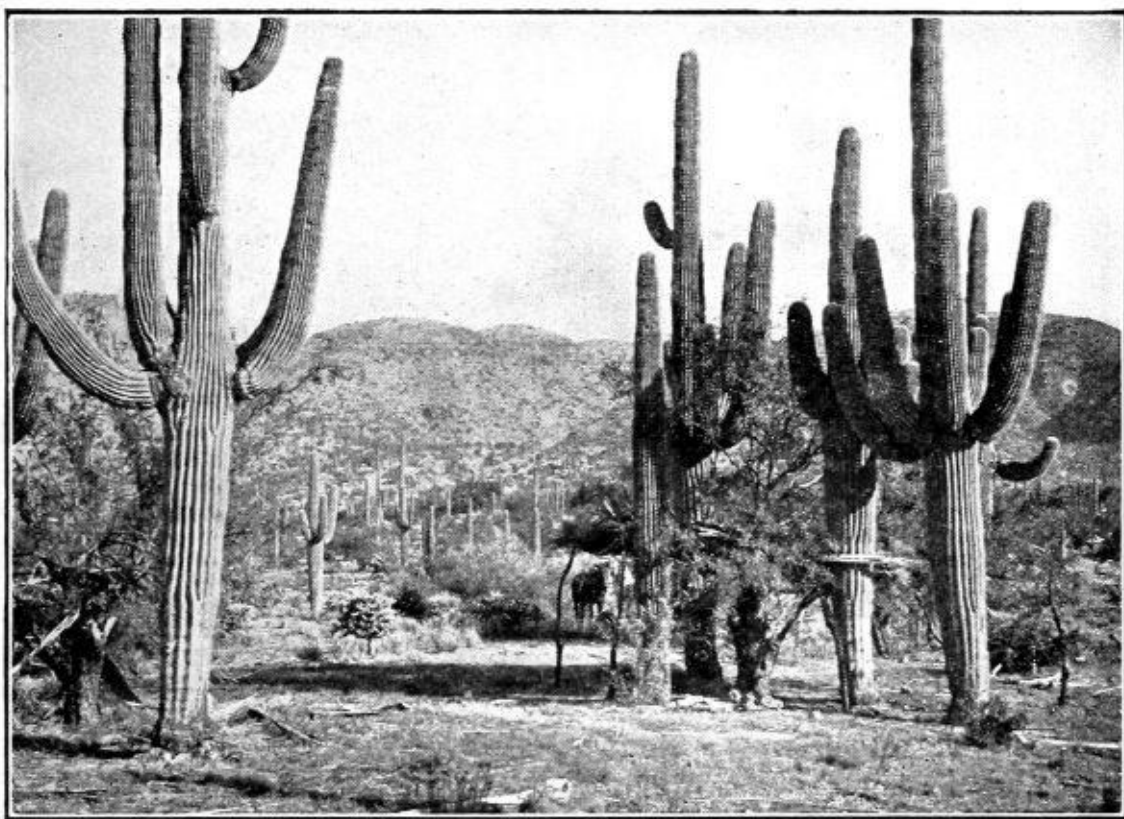


Рис. 490.

Растительность пустыни, Аризона, показаны большие сочные стволы кактусов с кустарниками и низкорослыми деревьями. Открытая формация. (Фотография Туомея.)



Рис. 491.

Полярная тундра с разбросанными цветами, Аляска. (Авторское право Э. Х. Гарримана.)



Рис. 492.

Многолетнее розеточное растение из альпийской флоры Анд, с коротким стеблем, розеткой листьев и крупным цветком. (По Шимперу.)

926. Арктическо-альпийские общества.—Наиболее поразительными растительными сообществами арктики являются “полярная тундра”, обширные заросли растительности, в основном состоящие из мхов, лишайников и т.д., Лишь частично разложившиеся из-за сильного холода в недрах и, возможно, также из-за гумусовой кислоты в частично разложившейся растительности. Эти тундры украшены многочисленными цветущими растениями, которые характеризуются короткими стеблями, розеткой листьев у земли и крупными яркими цветами. В изобилии встречаются вересковые пустоши, камнеломки и карликовые ивы. Растительные сообщества в Альпах похожи на арктические, хотя некоторые из условий более суровые, чем в арктическом регионе. В основном это связано с тем фактом, что летом, пока растения растут, они подвергаются воздействию высокой температуры днем и очень низкой температуре ночью, тогда как летом в арктических регионах, пока растения растут, существует постоянное тепло для роста и постоянный свет для фотосинтеза. Некоторые выделяют пять видов альпийских растений. 1. *Стланиковое дерево*. У этого вида короткие, узловатые, часто горизонтальные стебли, как у сосен, берез и других деревьев, растущих на альпийских высотах. 2d. *Альпийские кустарники*. В самых высоких альпийских поясах они карликовые и стелющиеся, обильно разветвленные и стелющиеся близко к земле, в то время как в более низких поясах они больше похожи на низинные кустарники. 3D. *Туп подушки*. Ветвление очень обильное, ветви короткие и соприкасаются друг с другом со всех сторон, образуя компактные массы (примеры камнеломки, андрозии, мхов и т.д.). 4. *Розеточные растения*. Это многолетние растения с короткими стеблями и очень крепкими корнями, которые играют важную роль на альпийских лугах. 5. *Альпийские травы*. Листья у них обычно намного короче, чем у трав низменностей, и, следовательно, они образуют низкий газон.

927. Сообщества эдафических растений.— Они эквивалентны эдафическим растительным образованиям, и растительность, конечно, контролируется особыми условиями почвы. Существует ряд различных видов сообществ эдафических растений, определяемых характером физико-географических зон. 1. *Сфагновые болота*. Они образуются в неглубоких бассейнах, изначально в них было больше или меньше воды. Рост сфагнового мха вместе с другой растительностью и его частичное гниение в воде быстро уплотняют грунт, так что со временем пруд может быть полностью заполнен. Это заполнение происходит от берега к центру, и на ранних стадиях, конечно, в центре будет

пруд. Частичное увядание растительности создает избыток гумусовой кислоты, которая замедляет поглощение корнями. Таким образом, условия таковы, что требуются воздушные сооружения для замедления потери воды, и растения, растущие на таких болотах, обычно являются ксерофитами. Некоторые растения идентичны растениям, растущим в арктической тундре. 2d. *Песок*^[53] *полоса пляжа*. Количество песка с очень малой примесью гумуса или растительной пищи или вообще без нее затрудняет получение растениями достаточного количества воды даже при обильных осадках. То же самое можно сказать и о песчаных дюнах, расположенных дальше от берега. Растения в этих районах обычно являются ксерофитами. Некоторые из растений, обычно произрастающих в таких местах, - ракитник американский, приморский молочай, багульник, портулак морской, песчаная вишня, ива карликовая, маррам-трава, некоторые виды бородавчатой травы и т.д. 3d. *Скалистые берега или районы*. Здесь сначала растут лишайники и мхи, за которыми позже следуют травы, разнотравье, кустарники и деревья, поскольку в расщелинах скал скапливаются разложившиеся растительные остатки. 4. *Берега прудов или болотистые пустоши*. Здесь растительность часто приобретает зональное расположение, если почва постепенно спускается к берегу и выходит в пруд. На [рис. 493](#) показано зональное распределение растений. Различные виды растений привлекаются в эти зоны различным количеством грунтовых вод в почве или различной глубиной воды на краю пруда по мере продвижения от суши к более глубоким водоемам. На пограничных линиях или линиях натяжения между различными зонами растения борются за то, чтобы занять здесь почву, подходящую для каждой соседней отдельной формации. Другими эдафическими сообществами являются сообщества мергелевых прудов, щелочных районов, оазисов в пустынях, теплых оазисов в арктических землях, лесных массивов вдоль дна рек в прериях или равнинных регионах и т.д.

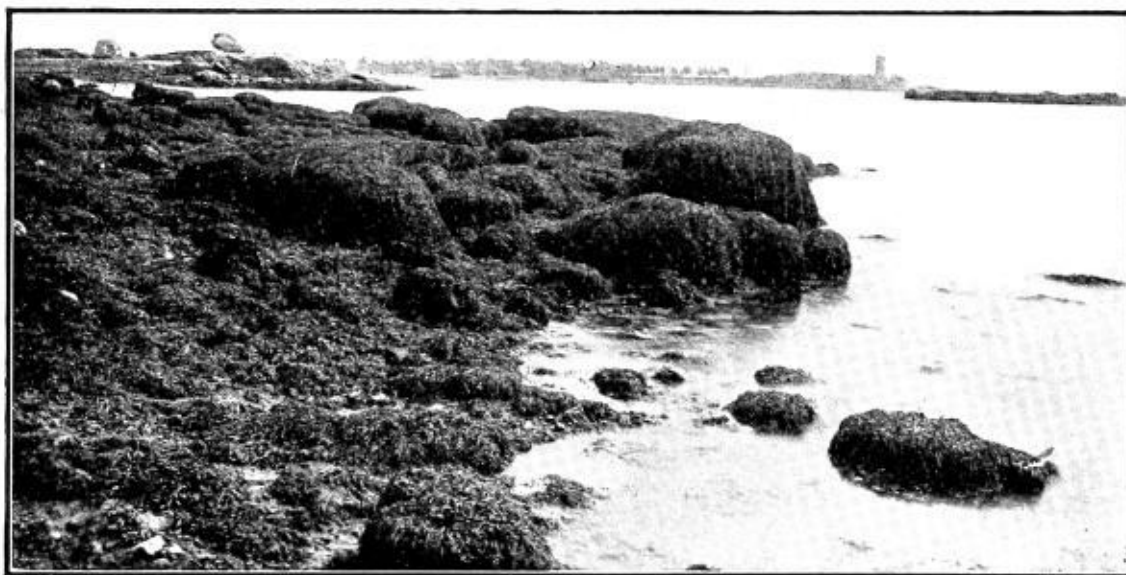


Рис. 493.

Макрофиты в верхней зоне фотической области. Аскофиллум и фукус во время отлива, остров Хантерс, Нью-Йорк. (Фотография М. А. Хоу.)



Рис. 494.

Зональное распределение растений, южный берег озера Каюга.

928. Сообщества водных растений.—В целом мы могли бы выделить три вида, 1-й. *Сообщества пресноводных растений* С плавающими водорослями, такими как спирогира, *ddogonium* и др., плавающие утконосы, *riccias*; растения типа лилий с прикрепленными ко дну корнями и стеблями, а листья плавают на поверхности, такие как водяная лилия и некоторые водоросли, и, наконец, полностью погруженные в воду, такие как определенные водоросли, окунь (*Chara*) и т.д. 2. *Сообщества морских растений*, которые состоят в основном из красных и коричневых водорослей или "морских водорослей," хотя встречаются также некоторые зеленые водоросли и цветущие растения. 3d. *Солончаки*, где вода солоноватая и обычно буйно растут болотные травы.

ГЛАВА XLVII. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ.

Связь видов, рода, Семейства, отряда и т.д.

929. Виды.— Не обязательно быть ботаником, чтобы во время прогулки по лесу, где цветет триллиум, заметить, что есть много отдельных растений, очень похожих друг на друга. Они могут различаться по размеру, а части могут немного отличаться по форме. Когда цветки только раскрываются, они обычно белые, а с возрастом обычно становятся розоватыми. У некоторых особей они розоватые, когда впервые раскрываются. Даже с учетом этих вариаций, которые незначительны по сравнению с точками близкого согласия, мы признаем, что особи принадлежат к *одному и тому же виду*, точно так же, как мы признаем растения кукурузы, выросшие из семян кукурузного початка, принадлежащими к одному и тому же виду. Особи одного и того же вида, в этом смысле, образуют *вид*. Таким образом, белая зарянка - это отдельный вид.

Но есть и другие триллиумы, которые сильно отличаются от этого. Фиолетовый триллиум (*T. erectum*), показанный на [рис. 495](#), сильно отличается от него. Как и ряд других. Но фиолетовый триллиум - это вид. Он состоит из особей, изменчивых, но очень похожих друг на друга, больше, чем кто-либо из них похож на белую малиновку.

930. Род.— И все же, если мы изучим все части растения, многолетний подвой, однолетний побег и части цветка, мы обнаружим большое сходство. В этом отношении мы обнаруживаем, что существует несколько видов, обладающих одними и теми же общими признаками. Другими словами, между этими разными видами существует взаимосвязь, которая включает в себя не только особей одного вида. Она включает в себя несколько видов. Очевидно, что это отношения с более широкими пределами и более высокого уровня, чем у особей определенного вида. На следующий уровень выше, чем виды, которые мы называем *родом*. Таким образом, *Trillium* - это род. Вкратце признаки рода *trillium* следующие:



Рис. 495.

Триллиум прямостоячий (пурпурная форма), два растения из одного подвоя.

931. Род *trillium*.—Околоцветник из шести частей: 3 чашелистика, травянистые, стойкие; лепестки окрашенные. Тычинок 6 (в двух мутовках), пыльники открываются внутрь. Завязь 3-местная, 3-6-угловатая; рылец 3, тонких, раскидистых. Травы с крепким многолетним подвоем, с мясистыми чешуевидными листьями, из которых вырастает низкий однолетний побег с верхушечным цветком и 3 большими листьями с сетчатыми жилками в мутовке.

Примечание. Говоря о роде, в настоящее время принято говорить *trillium*, но при описании вида обычно используются два слова, такие как *Trillium grandiflorum*, *T. erectum* и т.д.

932. Род *erythronium*. Желтый язык гадюки, или фиолетовый клык (*Erythronium americanum*), показанный на [рис. 496](#), сильно отличается от любого вида *trillium*. Он отличается больше от любого из видов триллиума, чем они друг от друга. Околоцветник состоит из шести частей, светло-желтый, часто пятнистый у основания. Тычинок 6. Завязь обратнойцевидная, сужающаяся у основания, 3-клапанная, семян довольно много, шляпка удлиненная. Цветочный стебель, или черешок, вырастает из чешуйчатой луковицы, находящейся глубоко в почве, и покрыт двумя эллиптически-ланцетными пятнистыми листьями. У более мелких растений нет цветка и только один лист, а луковица расположена ближе к поверхности. Каждый год на конце побегов от материнской луковицы образуются новые луковицы. Эти побеги с каждым годом проникают все глубже в почву. На более глубоких луковицах растут цветочные стебли.

933. Род *lilium*.—Хотя лилия отличается как от триллиума, так и от эритрониума, все же мы распознаем родство, когда сравниваем околоцветник из шести цветных частей, 6 тычинок и 3-стороннюю и длинную 3-локусную завязь.



Рис. 496.

Язычок гадюки (*erythronium*). Слева под пестиком и тремя тычинками напротив трех частей околоцветника. Лампочка справа.

934. Семейство Лилейные.—Взаимоотношения между родами, как, например, между *trillium*, *erythronium* и *lilium*, подводят нас к еще более высокому порядку взаимоотношений, где границы шире, чем в пределах рода. Родственные таким образом роды составляют *семейство*. В случае этих родов семейство было названо в честь лилии и является семейством лилейных, или *Liliaceae*.

935. Порядок, класс, группа.Подобным образом семейства лилейные, ирисовые, амариллисовые и другие, демонстрирующие признаки близкого родства, объединены в *отряд* который имеет более широкие границы, чем семейство. Этот порядок называется порядком лилий, или порядком *Liliales*. Различные ордена объединяются, образуя *класс*, а классы объединяются, образуя *группу*.

936. Различия в использовании терминов "класс", "порядок" и т.д.— Таким образом, согласно принятой некоторыми системе классификации, покрытосеменные растения образуют *группу*. Затем группа покрытосеменных растений делится на два *класса*, *однодольные* и *двудольные*. (Следует помнить, что не все систематики согласны в присвоении одинаковой оценки и ограничений классам, подклассам и т.д. Например, некоторые рассматривают покрытосеменные растения как класс, а однодольные и двудольные растения - как подклассы; в то время как другие разделили бы однодольные и двудольные растения на классы, вместо того чтобы рассматривать каждый из них как класс или подкласс. Систематики различаются также в использовании окончания порядкового названия; например, некоторые используют слово *Liliales* для обозначения *Liliifloræ*, при написании порядка.),,

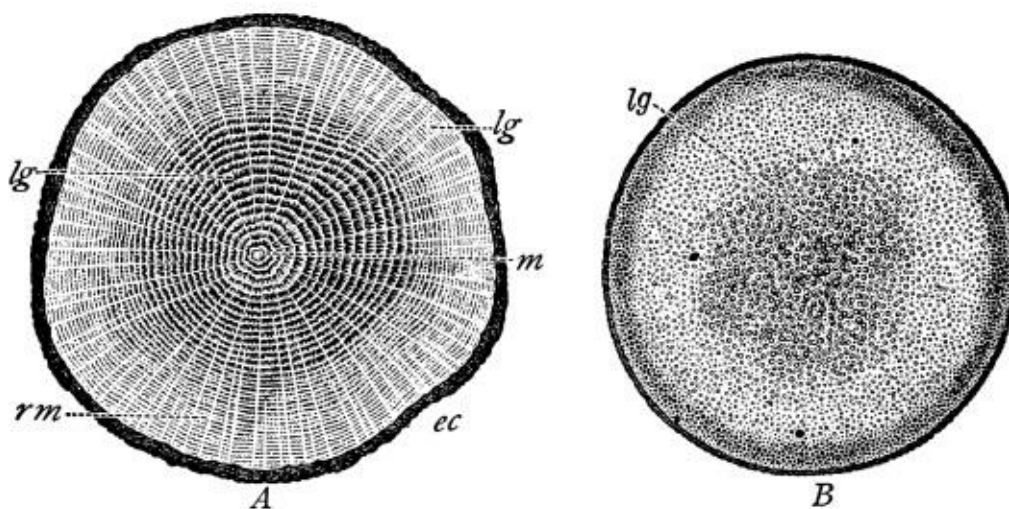


Рис. 497.

А. Поперечный разрез ствола дуба тридцатисемилетней давности, показывающий годовичные кольца. *rm*, костномозговые лучи; *m*, сердцевина (продолговатый мозг). В. Поперечный разрез ствола пальмы, показывающий разбросанные пучки.

937. Однодольные растения.—У однодольных растений зародыш имеет единственную семядоль; листья с параллельными жилками; части цветка обычно состоят из трех частей; эндосперм обычно присутствует в семени; сосудистые пучки обычно замкнуты и неравномерно разбросаны по стеблю, как показано на поперечном сечении стебля пальмы ([рис. 497](#)) или по расположению пучков в стебле кукурузы ([рис. 57](#)). Таким образом, одного символа недостаточно, чтобы показать взаимосвязь в классе (ни в порядках, ни во многих младших классах), но необходимо использовать сумму нескольких важных символов.

938. Двудольные растения.—У двудольных растений на зародыше две семядоли; жилкование листьев сетчатое; эндосперм в семени обычно отсутствует; цветочных частей часто по пять; сосудистые пучки стебля обычно открытые и расположены кольцами вокруг стебля, как показано на поперечном разрезе дуба ([рис. 497](#)). Существуют исключения из всех вышеперечисленных признаков, и необходимо учитывать сумму признаков, как и в случае с однодольными растениями.

939. Систематика.Эта группировка растений по видам, родам, семействам и т.д. В соответствии с признаками и взаимосвязями является *классификацией*, или *таксономией*.

Для примера возьмем *Trillium grandiflorum*, его положение в системе, если в схему включить все основные подразделения, будет указано следующим образом:

Группа Покрытосеменных растений.

Класс однодольных растений.

Приказывай, Лилиалес.

Семейство Лилейные.

Род, *Trillium*.

Вид, крупноцветковый.

Таким же образом положение зубочистки будет обозначено следующим образом:

Группа Покрытосеменных растений.

Класс двудольных растений.

Заказывай, Папавералес.

Семья, Распятие.

Genus, *Dentaria*.

Species, *diphylla*.

Но при техническом названии растения используются только два из этих названий, род и вид, так что для зубочелюстной травы мы говорим *Dentaria diphylla*, а для белой малиновки мы говорим *Trillium grandiflorum*.

940. Царство и Подцарство.—Органические существа образуют в целом два царства: Животное и Растительное. Затем царство растений подразделяется на ряд подцарств следующим образом: 1-е, подцарство *Thallophyta*, слоевищные растения, включая водоросли и грибы; 2-е, подцарство *Bryophyta*, мохообразные растения, включая печеночников и мхи; 3-е, подцарство *Pteridophyta*, папоротниковидные растения, включая папоротники, ликопоидии, хвощевидные, изозеты и т.д.; 4-е, подцарство *Spermatophyta*, семенные растения, включая голосеменные и Покрытосеменные растения. Подцарства делятся на группы более низкого порядка, вплоть до классов. Итак, существуют подклассы, подсемейства или трибы, подроды и даже подвиды. Но если перевести основные таксономические подразделения от большего к меньшему рангу, порядок будет следующим:

Растительное царство.

Подцарство, Сперматофиты.

Группа (не используется в определенном смысле).

Класс Голосеменные.

Заказывай, Пиналес.

Семейство Сосновых.

Род, Сосна.

Вид, стробоскоп или, полностью,

Pinus strobus, белая сосна.

Группа Покрытосеменных.

I. КЛАСС ОДНОДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ.

941. Отряд Pandanales.- Водные или болотные растения. Флаги из рогоза (*Typha*) и тростника (*Sparganium*), каждый из которых представляет какое-либо семейство. Название порядка взято от тропического рода *Pandanus* (сосна винтовая, часто выращиваемая в теплицах).

942. Отряд наядовые.- Водные или болотные травы. Здесь упоминаются три семейства.

Семейство водорослевых (*Naiadaceae*), названное в честь одного рода, *Najas*. Самым крупным родом является *Potamogeton*, виды которого известны как водоросли. Западная руппия встречается в соленых прудах Небраски, а Р. приморская - вдоль морского побережья и в засоленных районах внутренних районов.

Семейство водяных подорожников (*Alismaceae*) включает водяной подорожник (*Alisma*) и стрелолист (*Sagittaria*).

Семейство ленточных трав (*Vallisneriaceae*) включает ленточную траву, или угревую траву (любопытная *Vallisneria spiralis*).

943. Отряд злаковые.—Два семейства.

Семейство злаковых (*Gramineae*), злаки.

Семейство осоковых (*Cyperaceae*), осоки.

944. Отряд Пальмовые, состоящий из одного семейства, *Palmaceae*, включает пальмы, распространенные в тропиках и простирающиеся до Флориды. Выращивается в теплицах.

945. Заказать Аралес.

Семейство арумовых (*Araceae*). Цветки в мясистой початке. Примеры: индийская репа (*Arisaema*), аир (*Acorus*), скупсовая капуста (*Spathyema*).

Семейство рясковых (*Lemnaceae*). (Примеры: *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*. [См. пункты 51-53.](#))

946. Отряд Xyridales, из рода *Xyris*, семейства желтоглазковых трав (*Xyridaceae*). Виды в основном тропические, но несколько встречаются в Северной Америке. Другими примерами являются семейство трубочников (*Eriocaulaceae*, например, *Eriocaulon septangulare*), семейство ананасовых (*Bromeliaceae*, например, ананас, выращиваемый во Флориде); флоридский мох или висячий мох (*Tillandsia usneoides*); семейство паутинных (*Commelinaceae*), включая паутинную траву (традесканция, несколько видов в Северной Америке); семейство пикулевых сорняков (*Pontederiaceae*), включая род *Pontederia* по краям прудов и ручьев.

947. Отряд Лилиевые.—Вот некоторые из семейств:

Семейство камышовых (*Juncaceae*, например, *Juncus*), со многими видами, растения, обычно болотные.

Семейство лилейных (*Liliaceae*, примеры: *Lilium*, *Allium* = Лук, эритрониум, юкка).

Семейство ирисовых (*Iridaceae*, примеры: Ирис, голубой флаг, флер-де-лис и др.).

Семейство ландышевые (Convallariaceae, примеры: ландыш, триллиум и др.)

Семейство амариллисовых (Amaryllidaceae, примеры: Нарцисс, daffodil; Куприя, на юго-западе США).

948. Отряд Scitaminales.—К этому отряду относятся крупные эффектные культивируемые канны семейства каннских.

949. Заказать Орхидеи. Например, семейство орхидных (Orchidaceae) с *Cypripedium*, *Orchis* и т.д.

II. КЛАСС ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ.

СЕРИЯ 1. ХОРИПЕТАЛЫ. Лепестки отсутствуют (Apetalæ, или архихламиды некоторых авторов) или присутствуют и отличаются друг от друга (Polypetalæ, или метакхламиды).

950. Отряд Casuarinales, приуроченный к тропическим морским побережьям (например, Casuarina).

951. Отряд Piperales включает семейство ящерохвостые (saururaceae), *Saururus cernuus*, ящерохвостые на востоке Соединенных Штатов.

952. Заказать Salicales.—Кустарники или деревья, цветы в ампулах. Включает ивы и тополя (*Salix* и *Populus* семейства ивовых, Salicaceae).

953. Заказать Myricales.—Кустарники или небольшие деревья. Включает в себя душистую рябину (*Myrica gale*) во влажных местах на севере Соединенных Штатов и в Британской Северной Америке, *Myrica cerifera*, образующую заросли на песчаных дюнах вдоль побережья Атлантического океана, и папоротник душистый (*Comptonia peregrina* = *C. asplenifolia*) на востоке Соединенных Штатов в сухой почве на склонах холмов.

954. Порядок листьев.—Кустарники или деревья. Включает пробковое дерево, лейтнерию флоридскую (Leitneriaceae).

955. Закажите Juglandales.—Деревья, тычиночные цветы в ампулах. Семейство ореховых (Juglandaceae, примеры: грецкий орех, butternut и т.д. *Juglans*; гикори, *Hicoria* = *Кария*).

956. Заказать Фагалы.—Деревья и кустарники. Цветки в виде лепестков или пестичные с выемкой, образующей чашечку у плодов, как у желудя дуба.

Семейство березовых (Betulaceae, примеры: *Betula*, береза; *Corylus*, лесной орех; *Alnus*, ольха и т.д.).

Семейство буковых (Fagaceae = Cupuliferae, примеры: *Fagus* - бук; *Castanea* - каштан; *Quercus* - дуб).

957. Отряд крапивных.—Деревья, кустарники или травы. Примеры: семейство вязовых (Ulmaceae), семейство тутовых (Moraceae) и семейство крапивных (Urticaceae).

958. Отряд Santalales, травы или кустарники, в основном паразитические.

Семейство омеловых (Loranthaceae), с американской омелой (*Phoradendron flavescens*), паразитирующие на лиственных деревьях в Южной Атлантике, Центральной части и штатах Персидского залива (от Нью-Джерси до Индостана).

Семейство сандаловых (Santalaceae, например, жабий лен-бастард, *Comandra umbellata*), широко распространенных в Северной Америке.

959. Закажите Aristolochiales.—Травы или виноградные лозы с сердцевидными или почковидными листьями. Семейство травянистых (Aristolochiaceae, например, *Aristolochia*

serpentaria, виргинский змеиный корень, восточная часть Соединенных Штатов; дикий имбирь, или сердцевидный лист, *Asarum canadense*, восточная часть Северной Америки.)

960. Отряд Polygonales.—Примеры: семейство гречишных (Polygonaceae), включая гречиху (*Fagopyrum*), и многочисленные виды *Polygonum*, известные как умница, водяной перец, слезоточивый палец, вьюнок, спорыш, княжеское перо и т.д.

961. Порядок Chenopodiales.—Травы. Существует несколько семейств; одно из крупнейших - семейство гушиноногих (Chenopodiaceae). Род *Chenopodium* включает в себя множество видов, известных как гушиная лапка, бараньи четвертинки и др. Сюда относятся также русский чертополох (*Salsola tragus*) и солянка (*S. kali*). Первый иногда является опасным сорняком в центральной и западной части Соединенных Штатов, натурализованный из Европы. Последний встречается вдоль атлантического побережья на морских побережьях. Атриплекс встречается на соленой или щелочной почве, а также на стекляннице (*Salicornia herbacea*), багульнике (*Corispermum*). Сюда относятся семейство тыквенных (Phytolaccaceae), семейство амарантовых (Amaranthaceae), семейство портулаковых (Portulacaceae, включая портулак или “пурпурницу”, *Portulaca oleracea* и весеннюю красавку, *Claytonia virginica*) и семейство розовых (Caryophyllaceae).

962. Заказать Раналес.—Травы, кустарники или деревья. Примеры:

Семейство водяных лилий (Nymphaeaceae), с желтой водяной лилией (*Nymphaea advena* = *Nuphar advena*) и белой водяной лилией (*Castalia odorata* = *Nymphaea odorata*).

Семейство магнолиевых (Magnoliaceae), включая магнолии (*Magnolia*) и тюльпанное дерево (*Liriodendron*). Семейство воронконогих (Ranunculaceae), с лютиками, печеночниками, клематисами и др.

963. Закажите Папавералес.—В основном зелень. Примеры:

Семейство маковых (Papaveraceae), в том числе опийный или садовый мак (*Papaver somniferum*), кровавый корень (*Sanguinaria canadensis*), голландская рябина (*Bicuculla cucullaria* = *Dicentra cucullaria*), беличья кукуруза (*Bicuculla canadensis* = *D. canadensis*).

Семейство горчичных (Cruciferae), включая зубочистку (*Dentaria*), пастушью сумку (*Bursa bursa-pastoris* = *Capsella bursa-pastoris*), капусту, репу и т.д.

964. Отряд Сарраценовые.—Насекомоядные растения.

Семейство кувшинных растений (Sarraceniacae). Примеры: Саррацения пурпурная, кувшинчатое растение, произрастающее на торфяных болотах северной и восточной части Северной Америки.

Семейство росянок (Droseraceae). Примеры: Росянка круглолистная и другие росянки.

965. Заказать Розалис.—Травы, кустарники или деревья. Семнадцать семейств приведены на востоке Соединенных Штатов. Примеры:

Семейство речных водорослей (Podostemaceae), включающее речную водоросль (*Podostemon*).

Семейство камнеломковые (Saxifragaceae), включающее ряд видов. Например, камнеломка виргинская.

Семейство крыжовниковых (Grossulariaceae), включая дикий и культурный крыжовник.

Семейство гаммелисовых (Hamamelidaceae), включая гаммелис (*Hamamelis*), произрастающий на востоке Северной Америки, и сладкую камедь (*Liquidambar styraciflua*).

Семейство платановых (Platanaceae), с платаном, или бутоновым деревом (*Platanus occidentalis*), восточная часть Северной Америки. (Другие виды встречаются на западе Соединенных Штатов.)

Семейство розовых (Rosaceae), включая розы, спиреи, малину, клубнику, лапчатку кустарниковую (*Dasiphora fruticosa*) и др.

Семейство яблоневых (Rosaceae), включая яблоню, рябину, грушу, июньскую ягоду (или шадбуш, также служебную ягоду), боярышник (*Crataegus*).

Семейство сливовых (Drupaceae), включая вишни, сливы, персики и т.д.

Семейство гороховых (Papilionaceae), включающее горох, фасоль, клевер, вику, люпин и др., очень большое семейство.

966. Порядок Geraniales.—Травы, кустарники или деревья. Девять семейств на востоке Соединенных Штатов. Примеры:

Семейство гераневые (Geraniaceae), с клювокрылкой (*Geranium maculatum*) и другими.

Семейство древесно-щавелевых (Oxalidaceae), с древовидным щавелем (*Oxalis acetosella*) и другими.

Семейство льняных (Linaceae). Например, лен (*Linum vulgaris*).

Семейство молочайных (Euphorbiaceae). Растения с млечным соком и любопытными вырождающимися цветками. Примеры: клещевинное растение (*Ricinus*), молочай (многие виды молочая).

967. Отряд Sapindales.— В основном деревья или кустарники. Двенадцать семейств на востоке Соединенных Штатов. Пример:

Семейство сумаховых (Anacardiaceae), включающее сумахи рода *Rhus*. Примеры: ядовитый плющ (*R. radicans*), вьющаяся лиана, в зарослях и вдоль заборов на востоке Соединенных Штатов. Иногда тренируется над верандами. Ядовитый дуб (*R. toxicodendron*), невысокий кустарник. Ядовитый сумах или ядовитая ольха (*R. vernix* = *R. venenata*), иногда называемая “грозным деревом” или кизилом, представляет собой крупный кустарник или небольшое дерево, очень ядовитое. Дымчатое дерево (*Cotinus cotinoides*) принадлежит к тому же семейству и часто высаживается как декоративное дерево. Семейство кленовых (Aceraceae), включая клены (*Acer*).

Семейство бакай (Hippocastanaceae), в том числе конский каштан (*Aesculus hippocastanum*), часто высаживают в качестве тенистого дерева вдоль улиц. Также существует несколько видов бакланов того же рода.

Семейство камнеломковых (Balsaminaceae), в том числе неприкасаемые (*Impatiens biflora* и *aurea*) во влажных местах. Сюда же относится садовый бальзам (*Imp. balsamea*).

968. Заказать Rhamnales.—Кустарники, лианы или небольшие деревья. Есть два семейства: крушиновидные (Rhamnaceae), виноградные (Vitaceae), включая виноград (*Vitis*), американский плющ (*Parthenocissus quinquefolia* = *Ampelopsis quinquefolia*), в лесах и зарослях на востоке Северной Америки, и многие из них высажены в виде прицепов над верандами. Сюда относится японский плющ (*P. tricuspidata* = *A. veitchii*), используемый в качестве прицепа по бокам зданий.

969. Заказать Мальвалес.—Травы, кустарники или деревья.

Семейство липовых (Tiliaceae). Например, липа американская (*Tilia americana*).

Семейство мальвовых (Malvaceae), включая мальву, мальвы, розу Шарона (гибискус) и др.

970. Отряд Parietales, состоящий из семи семейств на востоке Соединенных Штатов. Зверобой продырявленный (*Hypericum*) и фиалки представляют каждое семейство. Фиалки (*Violaceae*) - хорошо известные цветы.

971. Отряд Опунциевые.—К ним относятся кактусы (*Cactaceae*), произрастающие в основном в сухих или пустынных регионах Америки.

972. Отряд Тимелиевые, состоящий из двух семейств и нескольких видов.

973. Порядок миртовых.— Наземные, болотные или водные растения. Наиболее заметны в семействе примулы вечерней (*Onagraceae*), включая кипрей, или иван-чай (*Epilobium*), и примулу вечернюю (*Onagra biennis* = *Oenothera biennis*).

974. Заказать Зонтичные.—Травы, кустарники или деревья, цветы в зонтиках.

Семейство женьшеневых (*Araliaceae*). Сюда входят шиповники и сарсапариллы рода *Aralia*, а также женьшень (или “санг”) *Panax quinquefolium*.

Семейство морковных (*Umbelliferae*). В это семейство входят дикая морковь (*Daucus carota*), ядовитый болиголов (*Cicuta*), культивируемая морковь и пастернак, а также большое количество других родов и видов.

Семейство кизиловых (*Cornaceae*). Примером может служить цветущий кизил (*Cornus florida*), распространенный в восточной части Северной Америки.

СЕРИЯ 2. ГАМОПЕТАЛЫ (= *Sympetalae* или *Metachlamydae*). Лепестки частично или полностью соединенные, редко раздельные или отсутствующие.

975. Порядок Ericales.—В восточной части Соединенных Штатов насчитывается шесть семейств. Примеры:

Семейство грушанки (*Pyrolaceae*), включая голеностопную (*Pyrola elliptica*).

Семейство индийских трубказубов (*Monotropaceae*), с индийскими трубказубами (*Monotropa uniflora*) и другими гумусовыми сапрофитами. ([См. пункты 182-191.](#))

Семейство вересковых (*Ericaceae*). Примеры: Лабрадорский чай (багульник), произрастающий в болотах на севере Северной Америки. Азалии, состоящие из нескольких широко распространенных видов, являются красивыми цветущими кустарниками, и культивируется множество разновидностей. Рододендроны крупнее, с более крупными цветочными гроздьями, а также красивые цветущие кустарники. *R. maximum* произрастает в горах Аллегани и окрестностях, от Новой Шотландии до Огайо и Джорджии. *R. catawbiense*, обычно на несколько более высоких высотах, от Вирджинии до Джорджии. Горный лавр (*Kalmia latifolia*) и другие виды соперничают по красоте с рододендронами и азалиями. Древовидное дерево (*Epigaea repens*) в песчаных или каменистых лесах - хорошо известный небольшой стелющийся кустарник на востоке Северной Америки. Кислое дерево (*Oxydendrum arboreum*) - дерево с белыми кистями цветов в августе и алыми листьями осенью. Весенняя, или ползучая грушанка (*Gaultheria procumbens*) - небольшой кустарник с ароматными листьями и ярко-красными пряными ягодами.

Семейство черноплодных (*Vaccinaceae*) включает черноплодку (например, *Gaylussacia resinosa*, черноплодка или черноплодка с высокими кустами, восточная часть Соединенных Штатов), горную клюкву (*Vitisida vitisida* = *Vaccinium vitisida*) в северном полушарии; чернику и голубику (из рода *Vaccinium*); клюкву (примеры: крупная американская клюква, *Oxycoccus macrocarpus* и европейская клюква, *Oxycoccus oxycoccus*, в холодных болотах северной части Северной Америки, последняя также в Европе и Азии).

976. Порядок Primulales.—Здесь два семейства. Семейство первоцветных (Primulaceae) содержит выюнковые (Steironema), звездчатку (Trientalis) и др.

977. Заказать Эбеналес.—Из четырех семейств семейство эбеновых (Ebenaceae) содержит хорошо известную хурму (Diospyros virginiana) и семейство стораксовых (Styracaceae) с серебряным колокольчиком, или подснежником (Mohrodendron carolinum).

978. Порядок Gentianales.—Травы, кустарники, лианы или деревья. Шесть семей в Соединенных Штатах.

Семейство оливковых (Oleaceae) включает сирень обыкновенную (Syringa), ясени (Fraxinus), бирючину (Ligustrum).

Семейство горечавковых (Gentianaceae) среди других родов включает горечавки (Gentiana).

Семейство молочайных (Asclepiadaceae) содержит растения, выделяющие в основном млечный сок. Асклепии, насчитывающие множество видов, являются одним из самых известных родов.

979. Порядок Polemoniales.— В основном травы, редко кустарники и деревья. Пятнадцать семей на востоке Соединенных Штатов.

Семейство ипомея (Convolvulaceae) включает в себя выюнки (Convolvulus), ипомею (Ipomaea) и др.

Семейство повиликов (Cuscutaceae) включает повилики, или “лианы любви”. В Соединенных Штатах насчитывается около тридцати видов. Стебли тонкие и обвиваются вокруг других растений, на которых они паразитируют ([см. параграф 179](#)).

Семейство флоксовые (Polemoniaceae). Наиболее известный род - флоксы. В Северной Америке встречается более сорока видов.

Семейство огуречных (Boraginaceae) включает гелиотроп (Heliotropium), собачий язык (Cynoglossum), незабудку (Myosotis) и другие.

Семейство вербеновых (verbenaceae) содержит вербены.

Семейство мятных (Labiatae) включает мяту (Mentha), черешчатку (Scutellaria), сухую крапиву (Lamium).

Семейство картофельных (Solanaceae) включает земляную вишню (физалис), пасленовые (Solanum), томаты (Lycopersicon), табак (Nicotiana).

Семейство фиговых (Scrophulariaceae) включает коровяк обыкновенный (Verbascum), обезьяноцвет (Mimulus), жабий лен (Linaria), черепашую голову (Chelone) и многие другие роды и виды.

Семейство пузырчатых (Lentibulariaceae) включает любопытные болотные или водные растения с тонко рассеченными листьями и пузырями, в которые попадают насекомые (Utricularia).

Семейство ползучих трубочников (Bignoniaceae) включает в себя ползучую трубочницу (Bignonia), катальпу и другие.

980. Отряд Plantaginales в одно семейство (Plantaginaceae) входят бананы (Plantago).

981. Отряд Rubiales, состоящий из трех семейств, представлен семейством мареновых (Rubiaceae) с голубыми (Houstonia), кустарниковыми (Cephalanthus), куропаточными (Mitchella), подмаренниками (Galium) и др.

Семейство жимолостных (Caprifoliaceae) с бузиной (Sambucus), марантовыми и клюквенными деревьями (Viburnum), жимолостью (Lonicera) и др.

982. Отряд Valerianales, состоящий из двух семейств, включает семейство ласк (Dipsacaceae). Например, ласка Фуллера (Dipsacus).

983. Отряд Campanulales состоит из пяти семейств, венчик обычно гамопет.

Семейство тыквенных (Cucurbitaceae) включает тыкву, сквош, дыню и несколько диких видов. Например, звездчатый огурец (Sicyos angulatus), произрастающий во влажных местах на востоке и в центре Соединенных Штатов.

Семейство колокольчиковых (Campanulaceae) включает в себя заячьи колокольчики или цветки-колокольчики (Campanula), лобелии (например, лобелия кардиналис, кардинальный цветок) и т.д.

Семейство цикориевых (Cichoriaceae) включает цикорий или суккулент (Cichorium intybus, известный также как синеголовник), вешенку или солянку (Tragopogon porrifolius), одуванчик (Taraxacum taraxacum = T. densleonis), салат-латук (Lactuca), бражник (Hieraceum) и другие.

Семейство амброзиевых (Ambrosiaceae) включает амброзию (Ambrosia), рабитник (Xanthium) и другие.

Семейство чертополоховых (Compositae) включает в себя чертополох (Carduus), астры (Aster), золотарник (Solidago), подсолнечник (Helianthus), евпаториумы или жужелицы, сорняки чистокровные (Eupatorium), шишковидные цветы или черноглазые сусаны (Rudbeckia), клещевидное семя (Coreopsis), бархатцы, или клещи попрошайки, или черноплодная рябина (Bidens), хризантемы и т.д.

Сноски:

[1] Информацию об аппаратуре, реактивах, сборе и консервации материала и т.д. Смотрите в Приложении.

[2] Если спирогира формирует плод, некоторые нити будут лежать парами параллельно и соединены короткими трубочками. В некоторых клетках обнаруживаются округлые или овальные тельца, известные как *зигоспоры*. Их можно увидеть на [рис. 86](#), и они будут описаны в другой части книги.

[3] Наиболее подходящие препараты мукоора для исследования производятся путем выращивания растения в питательной среде, которая в основном состоит из желатина, или, лучше, агар-агара, студенистого препарата из определенных морских водорослей. После того, как в него посеяно растение, его следует разлить в стерилизованные неглубокие стеклянные тарелки, называемые чашками Петри.

[4] Следует отметить, что красящее вещество свеклы содержится в клеточном соке. Именно в этих окрашенных клетках мы можем лучше всего видеть происходящее движение, поскольку красный цвет служит для того, чтобы хорошо отличать движущуюся массу от клеточной стенки. Протоплазматическая мембрана в нескольких местах обычно цепко держится, так что в нескольких местах мембрана сильно выгибается дугой в сторону от клеточной стенки, как показано на [фиг. 24](#). В то время как вода удаляется из клеточного сока, мы отмечаем, что красящее вещество не выходит через протоплазматическую мембрану.

[5] See в главе 38.....

[6] Демонстрации можно проводить на подготовленных срезах листьев,

[7] Это кольцо и пучки разделяют ножку на две области, внешняя из которых состоит из крупных клеток с тонкими стенками, известных как клетки коры, или все вместе *кора*. Внутренняя часть, соответствующая тому, что называется сердцевинной, состоит из такого же типа клеток и называется *мозговым веществом*, или *сердцевинной*. Когда клетки коры, так же как и сердцевинны, остаются тонкостенными, ткань называется паренхимой. Паренхима относится к группе тканей, называемых основными.

[8] При образовании крахмала в процессе фотосинтеза отделенные молекулы углекислого газа и воды соединяются таким образом, что углерод, водород и кислород объединяются в молекулу крахмала. Этот результат, как правило, представлено с помощью следующего уравнения: для $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_2\text{O} + \text{комплекс O}_2$. Затем путем полимеризации $6(\text{CH}_2\text{O}) = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 =$ виноградного сахара. Затем $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 - \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 =$ крахмала. Однако считается, что процесс намного сложнее этого, что до того, как крахмал окончательно появится, образуется несколько различных соединений, и что численная формула крахмала намного выше, чем представлена $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$.

[9] Параграфы 156-160 были подготовлены доктором Э. Дж. Дюраном.

[10] Состоит из следующих трех стандартных решений:

(1)

Медный купорос 9 грамм

Воды 250 куб.см

(2)

Едкий калий 30 грамм

воды 250 куб.см

(3)

Соль Рошель 49 грамм

воды 250 куб.см

Для приготовления раствора Фелинга возьмите по одному объему каждого из (1), (2) и (3) и добавьте к смеси два объема воды.

[11] Этот раствор така-диастазы следует готовить холодным. При нагревании до 60°C или выше он разрушается.

[12] Кальций не является необходимым для роста грибов.

[13] Например, кремний используется некоторыми растениями для укрепления поддерживающих тканей. Гречневая крупа лучше прорастает при добавлении хлорида.

[14] Данные указывают на то, что определенные клетки хозяина образуют вещества, которые химиотерапевтически притягивают нити гриба, и что в этих клетках нитей гриба больше, чем в других. Кроме того, в непосредственной близости от ядра организма-хозяина, по-видимому, находится место, где эта активность более выражена.

[15] Вместо Arisæma проведите практическое изучение реа. См. пункт 216а.

[16] Растворите полграмма осминовой кислоты в 50 куб. см воды и храните плотно закупоренными, когда не используете.

[17] В книге Энглера и Прантля "Семейство фланзенов" Вилль использует термин "класс" для обозначения этих основных подразделений водорослей. Систематики еще не пришли к согласию относительно единообразного использования этих терминов.

[18] Увидеть бота. Gaz., 17, 389, 1892.

[19] **Класс миксомицетов**, или **Mycetozoa**.—К этому классу принадлежат “слизевики”, низшие организмы, состоящие из масс обнаженной протоплазмы, которая течет среди гниющих листьев и в гниющей древесине, выходя на поверхность к плодам. Плоды во многих случаях напоминают миниатюрные слоеные шарики, и раньше эти растения относили к слоеным шарикам. Споры прорастают, образуя роевые споры, которые объединяются, образуя небольшой плазмодий, который, в свою очередь, разрастается, образуя большой плазмодий или протоплазматическую массу. Сомнительно, что они в большей степени являются растительными организмами, чем животными. Примеры: *Trichia*, *Arcyria*, *Stemonitis*, *Physarum*, *Ceratiomyxa* и т.д. На гнилой древесине; *Plasmodiophora brassicae* - паразит, вызывающий косолапость капусты, редиса и т.д. Он живет внутри корней, вызывая на них большие узлы и вздутия.

[20] Как подотряд в Энглере и Прантле.

[21] Как подотряд в Энглере и Прантле.

[22] Как подотряд в Энглере и Прантле.

[23] *Uredinales* и *Auriculariales* у Энглера и Прантля расположены по порядку, *Auriculariineae*.

[24] *Uredinales* и *Auriculariales* у Энглера и Прантля расположены по порядку, *Auriculariineae*.

[25] Может быть использована в качестве альтернативного исследования марчантии.

[26] Как подкласс в Энглере и Прантле.

[27] Как подкласс в Энглере и Прантле.

[28] Как подкласс в Энглере и Прантле.

[29] Называется калиптра.

[30] Как подкласс в Engler и Prantl.

[31] Как подкласс в Энглере и Прантле.

[32] Как подкласс в Engler и Prantl.

[33] Как подкласс в Энглере и Прантле.

[34] Как филиалы классов у Энглера и Прантля.

[35] Как равнозначные классы у Энглера и Прантля.

[36] Как класс *Lycorodiales* по Энглеру и Прантлю.

[37] **Предложения учителю.**—При изучении цветковых растений в средней школе и на начальных курсах предлагаются три общие темы. 1-я, изучение формы и членов растения и их расположения, как в главах XXXVIII-XLV. 2-я, изучение нескольких растений, представляющих более важные семейства, для того, чтобы члены растения, изучаемые в рамках первой темы, можно было рассматривать в корреляции с растением в целом в ряде различных типов. 3-я, изучение растений в их отношении к окружающей среде, как в [главе XLVI](#). Первая и вторая темы могут проводиться последовательно в классе и лаборатории. Третья тема может быть изучена в подходящее время при изучении тем 1 и 2. Например, при изучении темы 1 могут быть предприняты экскурсии для изучения зимнего состояния почек, побегов и т.д., Если в зимний период, или отношения листьев и т.д. К окружающей среде, если в период вегетации. Во время изучения темы 2 можно совершить экскурсии для изучения взаимоотношений цветов, а также растительности с окружающей средой (см. Главы XLVI-LVII авторского “Университетского учебника ботаники”). Считается, что изучение этих трех общих тем имеет гораздо большую ценность для начинающего студента, чем обычный анализ растений и определение видов.

[38] Интересно отметить, что у некоторых лиственных побегов стебель полностью подземный. Смотрите обсуждение папоротника-орляка и чувствительного папоротника в [главе XXXIX](#).

[39] Некоторые волокна также очень часто встречаются в Основной системе, образуя пучковые оболочки или нити механической ткани в коре головного мозга.

[40] Помимо этих специализированных побегов для хранения пищи, пищевые вещества хранятся в обычных побегах. Например, в стволах многих деревьев хранится крахмал. С приближением холодов крахмал превращается в масло, весной он снова превращается в крахмал, а позже, когда начинают распускаться почки, крахмал превращается в глюкозу для употребления в пищу. С другой стороны, у многих других деревьев с приближением зимы крахмал превращается в сахар.

[41] Этот раздел подготовлен доктором К. М. Вигандом.

[42] Смотрите обсуждение тропофитов в [главе XLVI](#).

[43] [Глава V](#) и организация тканей в [главе XXXVIII](#).

[44] Ниже приведены некоторые из различных терминов, используемых для обозначения видов составных листьев:

Однолистный (для одного листочка, как у апельсина и лимона, где сложный лист сильно уменьшен и состоит из одной ушной раковины, прикрепленной к черешку суставком). *Раздвоенный* у одного с двумя листочками; *тройчатый* у одного с тремя листочками, как у клевера; *многолистный* у многих листочков. *Нечетно-перистый* для перистого листа с одной или несколькими парами листочков и одним нечетным листочком на конце.

Таким образом, листья *пальчато-раздвоенные* и т.д., *перисто-раздвоенные* и т.д. *Разложившиеся* листья - это те, у которых они сложны более чем в два раза, как у *тремякратно разложившихся* у обыкновенной луговой руты (*Thalictrum*).

У *колокольчика* (*Uvularia*) видны *перистые* листья, сросшиеся перистые, как у некоторых видов жимолости, где основания противоположных листьев соединяются вместе вокруг стебля. У *радужной оболочки* имеются *равновеликие* листья, которые накладываются друг на друга у основания наподобие седла.

[45] Наиболее примечательным случаем является случай с “телеграфным” растением (*Desmodium gyrans*). Помимо дневного и ночного положения, которое занимают листья, на каждом листе есть пара маленьких боковых листочков, которые постоянно совершают резкие движения и вращаются по кругу, как секундная стрелка часов.

[46] Рассада обычно очень чувствительна к свету и является хорошим объектом для изучения.

[47] Для более полного обсуждения этой темы автором смотрите Главы XLVI-LVII его “Университетского учебника ботаники” (Henry Holt & Co.).

[48] *οἶκος* = дом, а *λόγος* = беседа.

[49] Термин, используемый Шимпером.

[50] Смотрите “Учебник ботаники для колледжа” автора. Глава XLIX.

[51] *ἔδαφος* = основание.

[52] Полное обсуждение лесных сообществ смотрите в главе L “Университетского учебника ботаники” автора.

[53] Смотрите главу LIV “Университетского учебника ботаники” автора.